SINT
servizi per
l'innovazione
tecnologica

- Progettazione Meccanica
- Progettazione Elettronica
- Acustica e Vibrazioni
- Estensimetria, Tensioni Residue
- Sistemi di Acquisizione Dati
- Banchi Prova
- Prove Termodinamiche di Impianti

RESTAN

Messsystem zur Bestimmung von Eigenspannungen nach der Bohrlochmethode

Messsystem zur Bestimmung von Eigenspannungen nach der Bohrlochmethode

Calenzano, Florenz, Italien

SINT Technology S.r.l. - Via Giusti, 229 - 50041 Calenzano (FI) Italy
Tel. +39 55 8826302 - Tel/Fax +39 55 8826303 info@sintechnology.com - www.sintechnology.com
P.iva 04185870484 - Reg. Imprese n. FI017-55501 - Capitale Sociale € 39.000,00 int. versato
Laboratorio autorizzato del Ministero per l'Università e la Ricerca Scientifica (art. 4 L. 46/82)

SISTEMA QUALITÀ CERTIFICATO UNI EN ISO 9001 SINCERT DNV

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINFÜHRUNG 4
1.1. Vorstellung des Messsystems 4
1.2. Beschreibung des Systems 5
1.2.1. Mechanische und optische Einheit 7
1.2.2. Elektronik 11
1.2.3. Überblick über die Software 13
1.3. Technische Daten 16
1.3.1. Mindestvoraussetzung des PC´s 17
1.4. Einsatzbereiche und Grenzen des Systems 17
1.5. Risiken und Vorsichtsmaßnahmen 18

2. BEDIENUNG, WARTUNG UND INSTALLATION 19
2.1. Transport 19
2.2. Installation 19
2.3. Wartung Turbine 20

3. BESCHREIBUNG DER KONTROLL - UND MESSDATENERFASSUNGSSOFTWARE 22
3.1. Positionierung der Bohrvorrichtung (Positionierungs-Steuerung) 23
3.2. Positionierung des Fräsers auf der Werkstoffoberfläche 25
3.3. Einstellung der Messparameter 27
3.3.1. Schrittweiten-Einstellung 27
3.3.2. Schrittweiten-Darstellung (Step Investigator) 28
3.3.3. DMS-Einstellung (Strain Gage Settings) 28
3.3.4. Materialtyp (Material-Einstellung) 29
3.3.5. Verstärker-Einstellung (Instrument Setting) 30
3.3.6. Randbedingungen der Messung (General Data Setting) 41
3.3.7. Abspeichern und Wiederaufrufen der Testparameter (Load Configuartion und Save Configuration) 42
3.4. Default-Einstellung (Default-Setting) 42
3.5. Test Manager 43
3.5.1. Manueller Test (Step-by-Step Sequence) 44

3.5.2. Automatischer Ablauf (Automatic Sequence) 47

3.6. Wiederaufnahme einer unterbrochenen Messung (Restore Interrupted Test) 50

4. TESTAUSFÜHRUNG 51

4.1. Sicherheitsvorkehrungen 51

4.2. Anschlüsse 52

4.3. Kalibrierung 53

4.4. Installation und Anschließen der DMS-Rosette 57

4.5. Einstellen der Messparameter 57

4.5.1 *Empfindlichkeit der DMS-Verstärker einstellen (nur bei der Verwendung analoger Verstärker notwendig)* 57

4.6. Einsetzen bzw. Austauschen des Fräsers 59

4.7. Poitionierung der Bohrvorrichtung 61

4.8. Zentrierung und Nullpunktjustierung der Messuhren 63

4.9. Nullabgleich der DMS, Messwerte vor dem Bohrvorgang auslesen 63

4.10. Automatische Nullpunktpositionierung des Fräsers auf der Werkstoffoberfläche 64

4.11. Einbringen der Bohrung 66

4.11.1 *Schrittweiser Testablauf* 66

4.11.2 *Automatischer Testablauf* 67

4.12. Messung des Bohrlochdurchmessers und der Exzentrizität 68

4.13. Berechnung der Eigenspannungen 69

4.14. Abmontieren der Bohrvorrichtung 70

5. METHODEN ZUR ERMITTLUNG DER EIGENSPANNUNGEN 71

5.1 Beschreibung des Menüs “Residual Stress Evaluation” 71

5.2 Berechnung der Eigenspannungen nach dem ASTM 837-01 Verfahren 75

5.3 Berechnung der Eigenspannungen nach dem Integralverfahren 76

5.4 Berechnung der Eigenspannungen mit der POWER SERIES Methode 77

5.5 Berechnung der Eigenspannungen nach KOCKELMANN 78

6. LITERATURHINWEISE 80

Anhang 81

1. EINFÜHRUNG

1.1. Vorstellung des Messsystems

RESTAN ist ein hochentwickeltes System zur Ermittlung von Eigenspannungen nach dem Bohrlochverfahren. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine Methode, bei der in der Mitte einer DMS-Rosette ein Blindloch gebohrt wird. Infolge dieser Bohrung entstehen auf Grund der im Material vorhandenen Eigenspannungen Relaxationsdehnungen, die von den Messgittern der DMS-Rosette erfasst werden. Aus diesen Dehnungen läßt sich der Spannungszustand vor der Bohrung bestimmen. Da der Eingriff in das Testobjekt sehr klein ist, spricht man von einem teilzerstörenden Verfahren.

Das vorliegende Messsystem bietet dabei den Vorteil, daß der Meßvorgang weitestgehend automatisiert ist, wodurch die Messung sehr stark vereinfacht ist und Bedienungsfehler ausgeschlossen werden. Weiterhin erlaubt die Steuerung des Systems über einen PC optimale Reproduzierbarkeit des Meßvorganges.

Besonders wichtig sind die Schritte, die den größten Einfluß auf die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der ermittelten Eigenspannungswerte haben, beispielsweise:

- Zentrierung des Fräsers auf die Mitte der DMS-Rosette
- Automatische Positionierung des Fräsers auf Oberfläche des Materials
- Automatisches Bohren des Loches in definierten Tiefenschritten mit Messung der jeweiligen Relaxationsdehnungen
- Messung des Bohrloches zur Feststellung seines Radius und seines Radiuses und seiner Position auf der Rosette

Aus der Automatisierung und Vereinfachung dieser Schritte ergeben sich signifikante Vorteile. Der gravierendste Vorteil ist die äußerst präzise Aufnahme einer Vielzahl von Dehnungswerten in Abhängigkeit von der Bohrlochtiefe. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, Eigenspannungen im Bauteil in Abhängigkeit von der Tiefe zu bestimmen. Speziell dafür beinhaltet die Auswertesoftware des Systems, zusätzlich zu den Routinen für die Berechnung der Eigenspannungen nach ASTM E837-Standard, optimierte Prozeduren für die Verarbeitung der experimentellen Daten und Berechnung der Eigenspannungsverläufe in Abhängigkeit von der Tiefe im Bauteil.

Durch die “overhung” Architektur, ist das Gerät auch an Komponenten oder Strukturen einsetzbar, die nicht von allen Seiten zugänglich sind.

Das System kann entweder mit HBM-Digitalverstärkern oder mit Analogverstärkern benutzt werden.

1.2. Beschreibung des Systems

Das System besteht aus folgenden Bestandteilen:

1. Positionierungs- und Bohrvorrichtung (mechanische und optische Einheit)
2. Elektronische Kontrolleinheit
3. I/O-Karten Typ PC16023 (für PC) und DaqCard6024E (für Notebook Computer) von National Instrument
4. CD mit Kontroll- und Analysensoftware
5. Zubhör:

- 2 Wegmessuhren
- 1 L-Winkel zur senkrechten Ausrichtung der Positionierungs- und Bohreinheit
- 1 Ersatzturbine
- 2 Innensechskant-Schlüssel (1,5 mm; 2 mm)
- 1 Spezialschlüssel für den Fräserwechsel
- 1 Fräser für Kalibrierung
- Set von 10 Wolframkarbid Stirnfräsern mit 1,6 m Durchmesser zum Einbringen der Bohrung
- Kreuzschlitzschraubendreher
- Abschaltventil, Druckminderer und Manometer, 2 Verbinder mit Schnellkupplung und 2x 1 m und1x 1,5 m flexibler Pneumatikschlauch
- Je 1 Stück 25/50 poliges Kabel zur Verbindung mit der Erfassungskarte
- 1 BNC-Kabel zur elektrischen Erkennung der Bauteiloberfläche
- 1 abgeschirmtes Kabel für die Schrittmotorsteuerung
- 1 Netzkabel für das Steuergerät

6. Transportkiste
7. Handbuch

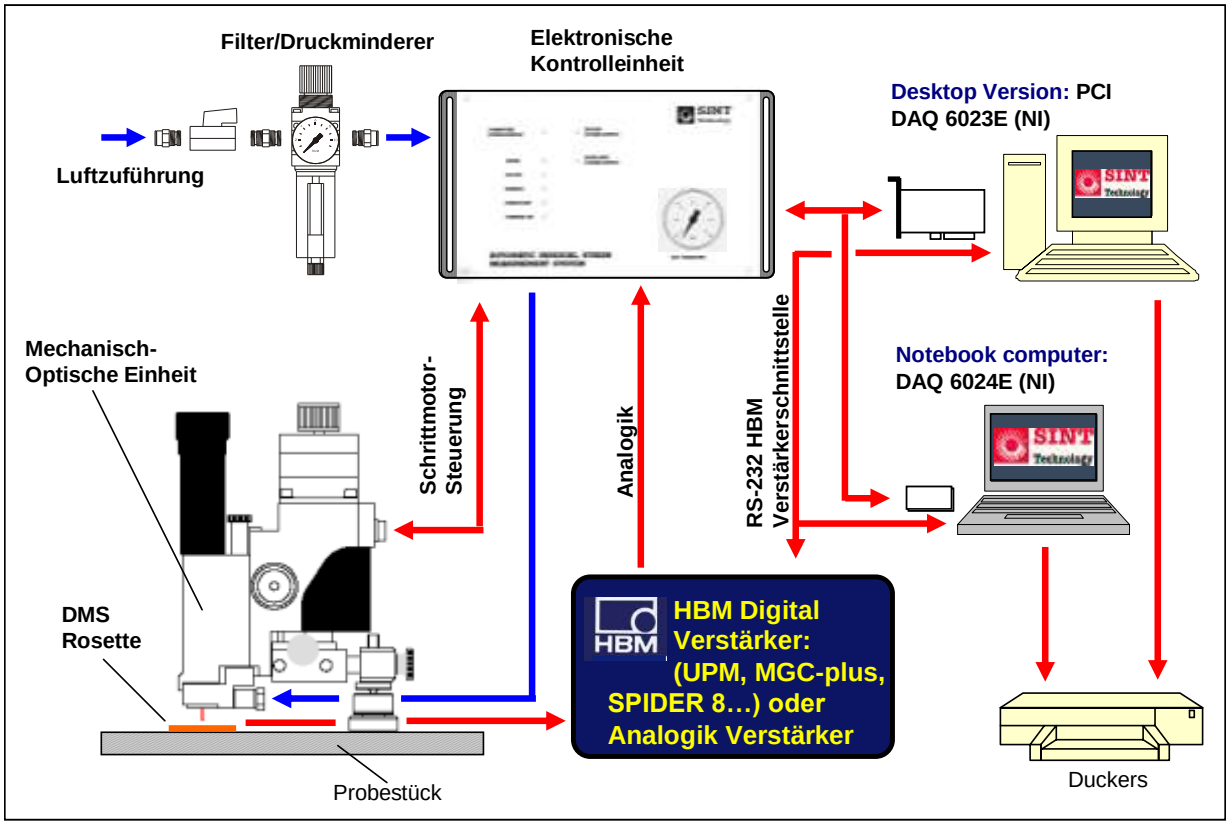


Bild 1.1

Bild. 1.1 ist eine Darstellung des Messsystems in seiner Konfiguration mit digitalenHBM-Messverstärkern.

1.2.1. Mechanische und optische Einheit

Die Positionierungs- und Bohrvorrichtung (Bild 1.2a und Bild 1.2b) besteht aus einem kleinen, in drei Achsen verstellbaren Träger, in dessen vertikalem Kopf ein Mikroskop (Nr. 13 in Bild 1.3) und eine Hochgeschwindigkeitsturbine (Nr. 6 in Bild 1.3) untergebracht sind. Dabei sind optische und mechanische Achse identisch. Diese Konstruktion erlaubt es, mittels des Mikroskopes den Fräser hochpräzise auf das Zentrum der DMS-Rosette auszurichten. Ebenso kann der Durchmesser des fertig gebohrten Loches sowie dessen tatsächliche Position bezüglich der Referenzpunkte auf dem DMS ausgemessen werden.

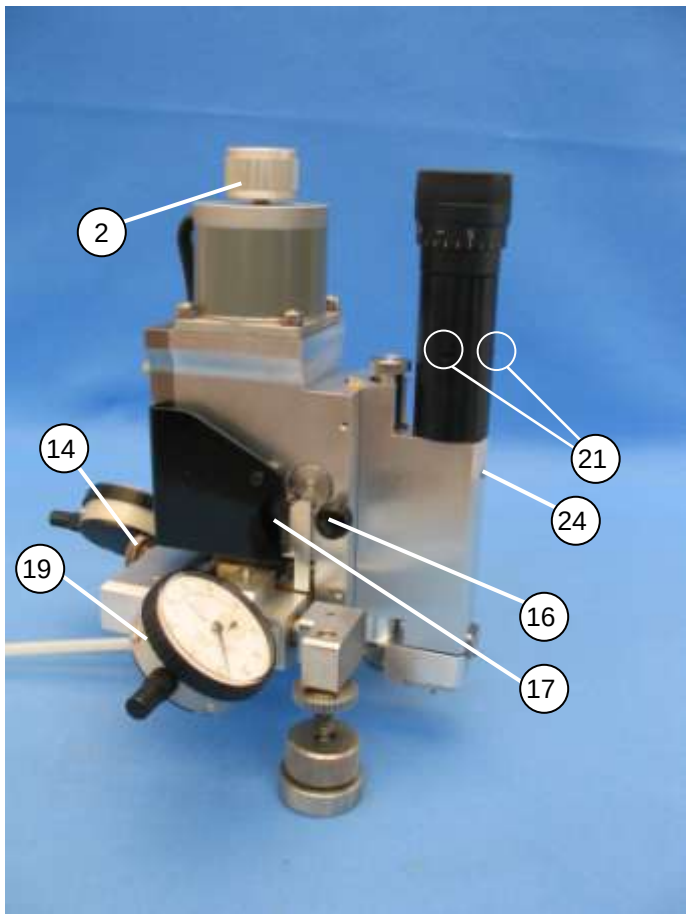


Bild 1.2a Mechanisch-optische Einheit

2 – Stellrad für manuellen Feinvorschub
14 – Stellrad zum Verstellen del horizontalen Schlittens
16 – Feststellschraube zum Arretieren des vertikalen Schnellvorschubes
17 – Mikroschalter für die Endposition
19 – Meβuhr
21 – Gewindestift zum Fixieren der Fadenkreuzplatte
24 – Gewindestift zum Feststellen del Microskopes

Das Gerät steht auf drei Magnetfüßen aus rostfreiem Stahl, was eine einfache Positionierung ermöglicht. Die Magnetfüsse verfügen über Kugelgelenke und können deshalb unebenen Oberflächen angepaßt werden. Nachdem die Bohrvorrichtung grob auf die Meßstelle ausgerichtet ist, erfolgt die Feinpositionierung durch Verschieben entlang der zwei horizontalen Achsen mittels Verstellgewinden. Die Füße müssen mit speziellem Klebstoff (z.B. HBM X60) auf dem Werkstück befestigt werden. Die Füße sind über Gewindestangen mit dem Gerät verbunden. Dadurch können Unebenheiten ausgeglichen und der Fräser senkrecht zur Oberfläche des Werkstückes ausgerichtet werden. Der mitgelieferte Winkel dient zur Einstellung und Kontrolle.

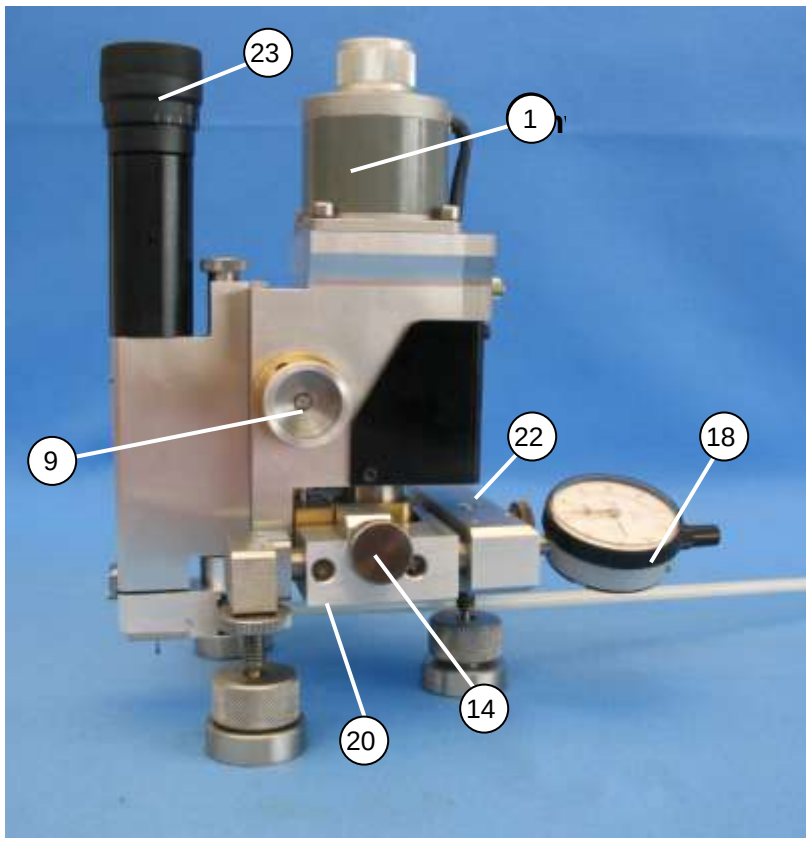


Bild 1.2b Mechanical and optical device

1 – Schrittmotor für automatischen Vorschub
9 – Stellrad für vertikalen Schnellvorschub
18 – Meβuhr
20 – Schnellverschluβ für Druckluft der Bohrvorrichtung
22 – Gewindestift zum Festellen der Meβuhr
23 – Okular

Die Basis des Gerätes besteht aus zwei Schlitten, die für die horizontale Positionierung der Maschine zulassen. Deren Führung besteht aus gehärteten Stahlstiften und Präzisionslagern, so daß sie praktisch kein Radialspiel vorhanden ist. Die horizontalen Schlitten werden von Hand über zwei Feingewinde (Nr. 14 in Bild 1.2a) bewegt und die jeweilige Verschiebung mit zwei Messuhren (Nr. 18 in Bild 1.2b und 19 in Bild 1.2a) gemessen.

Der vertikale Schnellvorschub erfolgt über einen Zahnstangenantrieb, der mit einem Stellrad (Nr. 9 in Bild 1.2b) bedient wird und mit einer seitlich angeordneten Feststellschraube (Nr. 16 in Bild 1.2a) arretiert werden kann . Der Feinvorschub erfolgt entweder über einen vom Computer gesteuerten Schrittmotor (Nr. 1 in Bild 1.2b) oder manuell über einen auf dem Schrittmotor angeordneten Drehknopf (Nr. 2 in Bild 1.2a). Der Feinvorschub erfolgt über eine Feingewindestange (0,25 mm), wodurch ein äußerst präziser vertikaler Vorschub gewährleistet ist.

Zwei Mikroschalter (Nr. 17 in Bild 1.2a) sprechen an, wenn der Schrittmotor, respektive der vertikale Kopf, die obere oder untere Maximalposition erreicht.

Die wesentliche Baugruppe des Systems besteht aus der Hochgeschwindigkeitsturbine und dem Mikroskop. Diese beiden Komponenten sind fest am Gerät montiert, so daß es nicht nötig ist, sie zum Positionieren der Vorrichtung oder zum Bohren bzw. Begutachten des Bohrloches immer wieder an- und abzumontieren.

Während des Bohrvorganges ist die Hochgeschwindigkeitsturbine exakt in der optischen Achse des Mikroskops ausgerichtet. Für die Zentrierung der Einheit auf die Rosette oder das Ausmessen des Bohrloches mittels des Mikroskops wird die Turbine einfach um ihre eigene Achse ausgeschwenkt.

Bei der Konstruktion der Halterung für die Druckluftturbine mit Spindel wurde darauf geachtet, daß die Baugröße der Bohrvorrichtung möglichst gering bleibt. Mit einer Drehzahl von 400.000 U/min. können, abhängig vom verwendeten Fräser, Löcher unterschiedlichen Durchmessers gebohrt werden. Normalerweise werden jedoch Strinfräser mit 1,6 mm Durchmesser verwendet. Die Turbine ist über einen Schlauch mit Schnellverschluß (Nr. 20 in Bild 1.2b) and das Druckluftsystem angeschlossen. Ferner gehören zum System ein Druckminderer mit Filter zur Einstellung des Betriebsdruckes der Turbine, ein Manometer und ein Magnetventil zum An- und Abschalten, welches im Steuergerät eingebaut ist und per Software angesteuert wird.

Das Mikroskop hat eine Doppelfunktion:

Erstens dient es zur exakten Ausrichtung des Fräsers nach den Referenzpunkten auf der DMS-Rosette.

Zweitens ermöglicht es die Messung des Durchmessers des Bohrloches und seiner Lage relativ zum DMS. Hierzu wird der gesamte Bohrkopf mittels der Stellschrauben horizontal verschoben, und der Weg mittels der Messuhren gemessen.

Das Okular des eigens für diese Vorrichtung konstruierten Mikroskopes wird über vier Gewindestifte im Abstand von jeweils 90° eingestellt. Damit ist es möglich, die Fadenkreuzplatte zu lösen und in der gewünschten Position wieder festzustellen. Dies erlaubt eine Kalibrierung, die garantiert, daß der Mittelpunkt des Fadenkreuzes exakt auf der tatsächlichen Bohrachse liegt. Dieses Fadenkreuz stellt den Referenzpunkt für die Positionierung und die Ausrichtung des Gerätes auf die DMS-Rosette dar.

Die beiden Messuhren messen die horizontale Bewegung entlang mit einer Auflösung von 0,01 mm. Der horizontale Verstellbereich beider Achsen beträgt 10

mm und der Meßbereich der Messuhren 11 mm. Sie werden so montiert, daß sie den gesamten Arbeitsbereich abdecken und es besteht die Möglichkeit, sin in jeder Position Null zu setzen. Die Messuhren werden auf den Trägern durch Anziehen der Gewindestifte mit einem geeigneten Innensechskant-Schlüssel arretiert (Nr. 22 in Bild 1.2b).

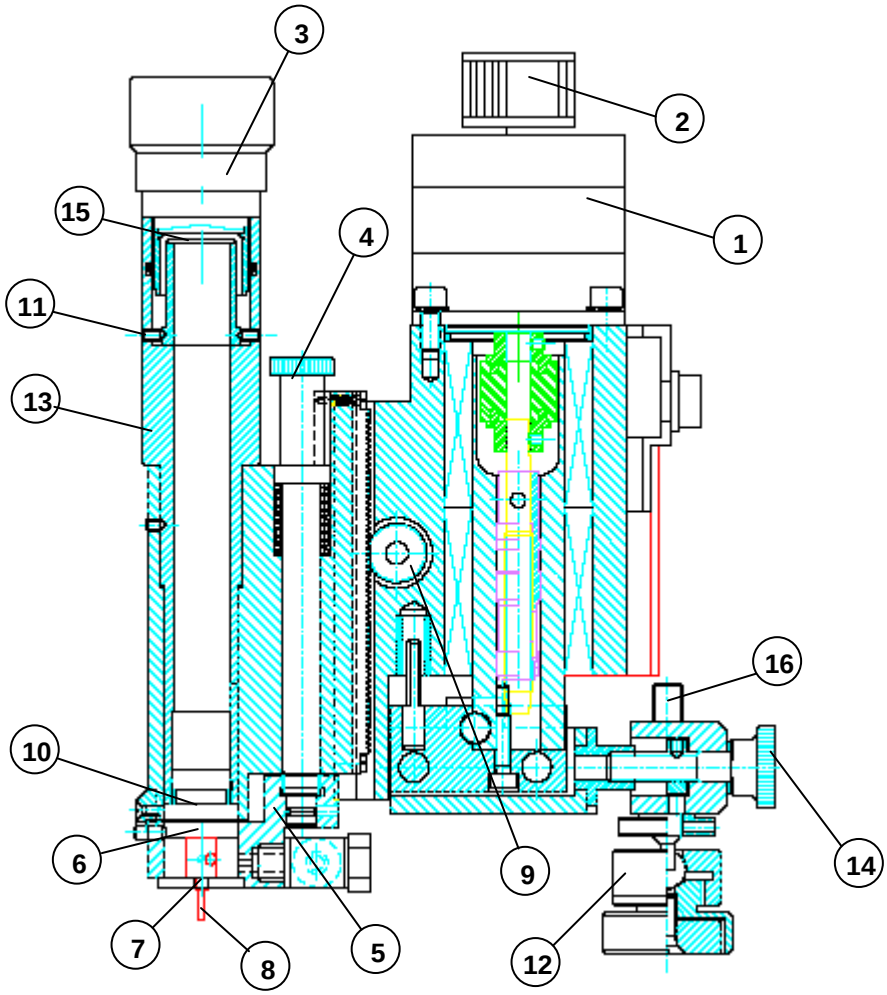


Bild 1.3 – Mechanisch-optische Einheit- Querschnitt

1- Schrittmotor für automatischen Vorschub
2- Stellrad für manuellen Feinvorschub
3- Okular
4- Drukkopf zum Verstellen der Bohtvorrictung
5- Aufnahmemechanik für Druckluft und Luftturbine
6- Luftturbine
7- Aufnahme für Strinfräser
8- Strinfräser
9- Stellrad für vertikalen Schnellvorschub
10- Gewindestift zum Wechseln des Stirnfräsers
11- Gewindestift zum Fixieren der Fadenkreuzplatte
12- Stellrad zum Fixieren des Standfußes
13- Microskop
14- Stellrad für Verstellen des horizontalen Schlittens
15- Fadenkreuzplatte
16- Gewindestange mit Gelenkkopf zum Ausrichten des Standfußes

1.2.2. Elektronik

Die Elektronik verbindet die mechanische/optische Einheit mit dem Computer.

Das Gerät besteht aus folgenden Komponenten:

1. Geregeltes Netzteil, das zwei Spannungen zur Verfügung stellt:
   (a) Versorgungsspannung für die Schrittmotortreiberkarte;
   (b) Betriebsspannungen für die Schrittmotorsteuerung
2. Schrittmotorsteuerung
3. Galvanisch getrennte Schnittstelle

Magnetventil zum An- und Abschalten der Druckluftversorgung für die Turbine.

Bild 1.4 – Geräte- Vordeseite

Auf der Rückseite (Bild 1.5) befindet sich:

1. der Netzschalter für die Elektronik (Nr. 1, Bild 1.5) und die Anschlüsse für Kabel und Druckluft.
2. BNC-Buchse: zum automatischen Positionierung des Fräsers auf der Werkstoffoberfläche des Fräsers
3. Drei BNC-Buchsen zum Anschluß von analogen Meßverstärkern

Hinweis: Das erste DMS-Messgitter (a bzw. 1) ist an Kanal 1 anzuschließen, das zweite Messgitter (b bzw. 2) an Kanal 2, das dritte Messgitter (c bzw. 3) an Kanal 3.

4. 25-poliger Stecker für das Verbindungskabel zum Computer
5. 15-poliger Stecker zum Anschluss des Schrittmotors

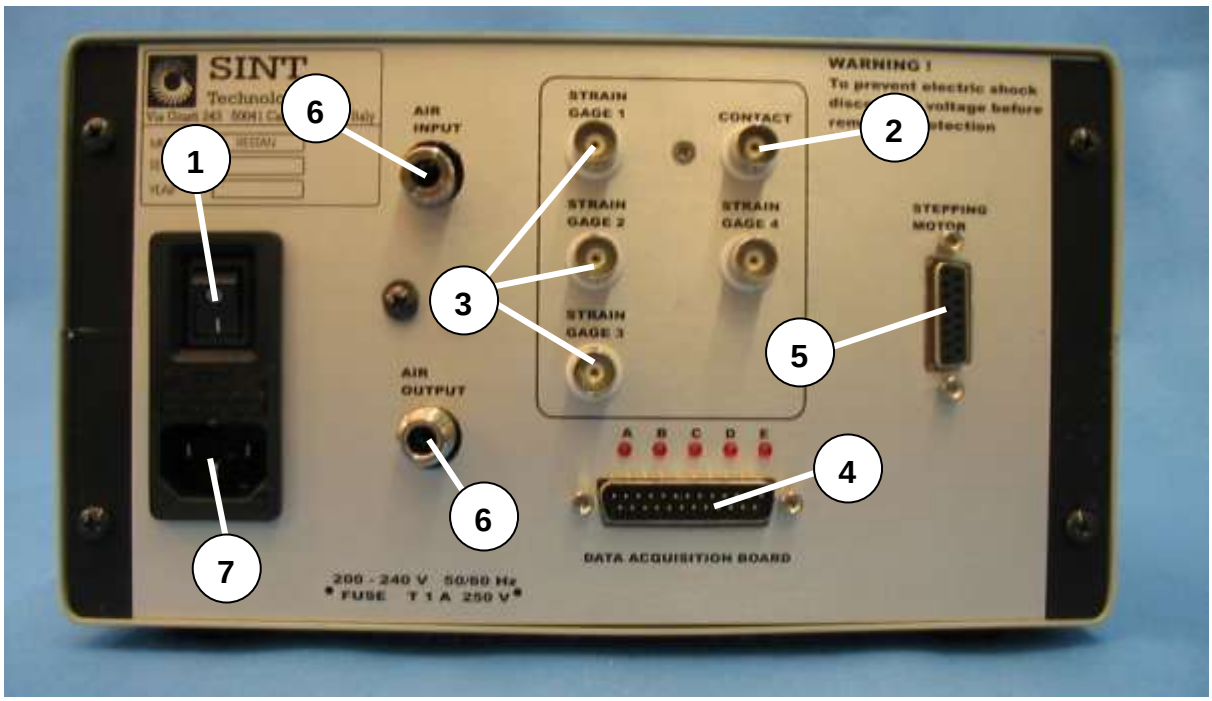


Bild 1.5 – Geräte- Ruckseite

6. Zwei Bajonett-Druckluft-Anschlüsse für 6 mm Nylonschlauch (Innendurchmesser 4 mm)
7. Anschluß für das 220 V-Netzkabel

Achtung: Die eingespeiste Druckluft wird vom Druckminderer und Filterelement kommen und darf 5,5 bar nicht überschreiten.

1.2.3. Überblick über die Software

Ablaufsteuerung und Datenerfassung erfolgen über eine speziell entwickelte Software, die I/O-Karte und die Elektronikeinheit.

Sämtliche Funktionen werden über grafische Bedienfelder gesteuert. Jede Taste führt eine genau definierte Funktion aus und ist so kommentiert, daß das Bedienfeld selbsterklärend ist. Die Tasten können per Mausklick aktiviert werden. Nach Drücken der “Escape”-Taste erscheint das jeweils vorhergehende Bedienfeld wieder. Dies ist ein bequemer Weg, das Programm zu verlassen, ohne die Maus benutzen zu müssen.

Die Dateneingabe erfolgt durch Auswahl des richtigen Eingabefensters mit der Maus und anschließendes manuelles Eingeben der Werte. Ein “Return” ist überflüssig, da die Werte automatisch angenommen werden

Das Programm zur Durchführung des Experimentes heißt “SINT_RSM.EXE”, die Daten werden mit “SINT_EVAL” ausgewertet.

Im Programm “SINT_RSM.EXE” gibt es folgende Hauptbedienfelder:

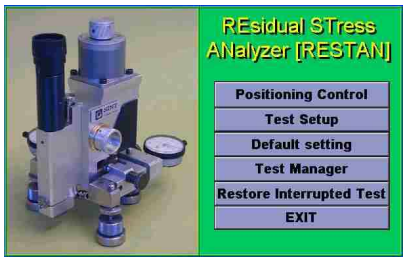


Bild 1.6a – Hauptmenü

Bild 1.6b – Versucheinstellung

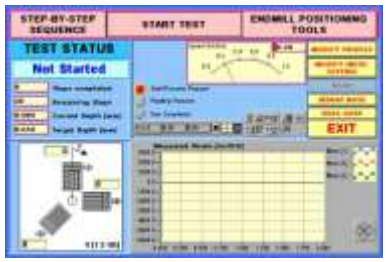


Bild 1.6c – Versuchsdurchführung

Zusätzlich gibt es Untermenüs, die weitere Funktionen ausführen, z.B.: Auswahl eines Verzeichnisses, um gespeicherte Daten aufzurufen bzw. neue Versuchswerte abzuspeichern; Kontrolle des Schrittmotors während des Experimentes; Eingabe der Bohrlochparamter; Manuelle Positionierung des Schrittmotors. In Kapitel 3 finden Sie eine ausführliche Beschreibung dieser Funktionen.

Folgende Auswahlmöglichkeiten bezüglich der Durchführung eines Experimentes stehen dem Benutzer zur Verfügung:

1. Für den experimentellen Teil
    - Schritt-für-Schritt – Messung
    - Automatische Messung

2) Für die Auswertung
    - automatische Interpolation der gemessenen Dehnungswerte
    - Berechnung der Eigenspannungen nach verschiedenen Algorithmen

Für jeden Abschnitt des Versuches gibt es eine empfohlene Standardprozedur, die, falls vom Benutzer nicht anders definiert, standardmäßig ausgeführt wird.

Experimenteller Teil

Das vorliegende System erlaubt ein eng abgestuftes schrittweises Einbringen der Bohrung mit hoher Präzision, so daß die Relaxationskurve durch viele Messpunkte beschrieben werden kann. Die anschließende Prozedur ermittelt den Dehnungsverlauf als bestpassende Kurve über die gemessenen Werte in einer sehr guten Qualität und Stabilität. Laut ASTM E837-Standard müssen hierfür mindestens zehn Dehungswerte für jeweils unterschiedliche Bohrlochtiefen ermittelt werden. Die besten Ergebnisse werden mit 25 oder mehr Messungen erzielt, um eine ausreichende Änderung der Dehnungswerte zu erreichen. Für die Bohrschritte ist eine Schrittweite von mindestens 0,01 mm empfehlenswert, um eine signifikante Änderung der jeweils gemessenen Dehnungswerte zu gewährleisten

Zweiter Versuchsabschnitt

Die Meßwerte können mit einem Polynom interpoliert werden, dessen Koeffizienten mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate bestimmt wird. Hier kann für alle drei Dehnungsrichtungen der Grad des interpolierenden Polynoms gewählt werden. Es ist jedoch nicht empfehlenswert, einen übermäßig hohen Grad (>6-7) zu wählen, um numerische Instabilitäten zu vermeiden. In jedem Fall liegt die Obergrenze bei n-1, wobei n die Anzahl der durchgeführten Bohrschritte bezeichnet. Im Normalfall wird der optimale Grad der Polynome durch eine Optimierungsprozedur bestimmt, jedoch können die Parameter für die Interpolation auch manuell gewählt werden.

Folgende Prozeduren zur Berechnung der Eigenspannungen sind implementiert:

- Standard ASTM E 837
- Integral Methode
- Power Series Methode
- Kockelmann Methode

Die Prozeduren haben unterschiedliche Anwendungsfelder wobei folgendes bei der Auswahl berücksichtigt werden sollte:

- **Ermittlung der Spannung nach ASTM E 837-01 [1].**

  ASTM E 837 ist ein Standard für Eigenspannungsermittlung nach der Bohrlochmethode, daher kann diese sehr stabile und zuverlässige Prozedur als Referenz benutzt werden. Sie geht jedoch von einem gleichförmigen Spannungsverlauf über die gesamte Probendicke aus, das heißt, sie liefert nur einen einzigen Spannungswert, der für jede Bohrlochtiefe gilt.

- **Integral Methode [2-3].**

  Diese häufig in der Literatur erwähnte Methode berücksichtigt eine Abhängigkeit der Eigenspannungen von der Bohrlochtiefe. Sie ist also auch anwendbar, wenn die Spannungswerte über die Tiefe (Materialdicke) nicht als konstant angenommen werden können. Sie funktioniert allerdings nur bis zu einer begrenzten Tiefe.

  Die Anzahl der Berechnungsschritte und deren Verteilung über die Bohrlochtiefe müssen hier vom Benutzer vorgegeben werden. Die Software stellt dafür folgende Alternativen zur Auswahl:

  1. Konstanter Abstand
  2. Zunehmender Abstand mit der Bohrtiefe
  3. Automatische Optimierung der Berechnungsstützpunkte. Diese Berechnung ist standardmäßig eingestellt.

  Die Integral Methode arbeitet mit den von Schajer numerisch bestimmten Koeffizienten.

- **Power Series Methode [4].**

  Dies ist eine Näherung der Integral Methode basierend auf einer vereinfachenden Hypothese. Sie läßt Messungen bis zur Tiefe von maximal 1,2-fachem Bohrlochdurchmesser zu, genau wie die ASTM-Methode. Auch hier werden die Schajer-Koeffizienten verwendet (Lit. 4). Der Benutzer gibt die Anzahl der Berechnungsschritte vor, je nach Anzahl der Messpunkte, welche die Eigenspannungen in Abhängigkeit von der Bohrlochtiefe beschreiben.

- **Kockelmann Methode [5].**

  Diese Methode arbeitet mit FEM berechneten Koeffizienten, um die gemessenen Dehnungen in Abhängigkeit der Bohrtiefe zu korrigieren.

1.3. Technische Daten

Bohrvorrichtung:

Höhe	mm	180
Breite	mm	175
Länge	mm	205
Gewicht	kg	4.6
Max. Turbinendrehzahl	rpm	400,000
Max. Fräserdurchmesser	mm	2.2
Druckluft zum Antrieb der Turbine	bar	4-5
Vertikalbewegung (grob)	mm	60
Vertikalbewegung (fein, motorgetrieben)	mm	7
Horizontalbewegung (X- und Y-Achse)	mm	6
Turbinen Rotationen	degrees	45
Verstellbarkeit der Füße	mm	60
Lautstärke der Druckluft	dB(A)	76

Elektronik:

Höhe	mm	140
Breite	mm	245
Länge	mm	220
Gewicht	kg	5.5
Versorgungsspannung	V	220 (50/60Hz)
Druckluft	bar	5 max
Sicherung	A	1.5

I/O-Karte:

- 16 Analogeingänge, single-ended 12-bit field +/- 5 Volt

Digitale Ausgänge	8
Digitale Eingänge	8
16-bit Zähler	2

1.3.1. Mindestvoraussetzung des PC´s

Pentium, 133 MHz, 16 MB

Betriebssystem: Windows 98, 2000, NT, XP

1.4. Einsatzbereiche und Grenzen des Systems

Das System wurde konzipiert zur experimentellen Ermittlung von Eigenspannungen mit Hilfe der teilzerstörenden DMS-Bohrlochmethode. Im Falle eines als homogen anzunehmenden Eigenspannungsverlaufes über die gesamte Materialdicke erfolgt die Berechnung gemäß ASTM E 837 Standard. Andernfalls gemäß den gängigen Verfahren zur Ermittlung tiefenabhängiger Eigenspannungen.

Hinweis: Die Tests können an unterschiedlichen Materialien bzw. Komponenten durchgeführt werden, solange das Bohren gefahrlos und ohne Beschädigung des Systems möglich ist. Die Bohreinheit kann auch einfach für Präzisionsbohrungen zweckentfremdet

Hinweis: Das System darf nur zu den angegebenen Zwecken bnutzt werden. Der Hersteller übernimmt keine Verantwortung für etwaige Beschädigungen, die durch unsachgemä0e Verwendung des Systems entstehen.

1.5. Risiken und Vorsichtsmaßnahmen

Das vorliegende System wurde zur experimentellen Ermittlung von Eigenspannungen mit Hilfe der DMS-Bohrlochmethode entwickelt, gemäß der EC-Sicherheitsrichtlinien.

Achtung:

Trotzdem ist es nicht auszuschließen, daß das zu bearbeitende Werkstück beim Bohren weggeschleudert werden kann. Deshalb ist unbedingt eine Schutzbrille zu tragen. Im System selbst wurden keine weiteren Schutzmaßnahmen getroffen, da davon augegangen werden kann, daß es nur unter ständiger direkter Kontrolle des Benutzers betrieben wird. Alle Umstände, unter denen es vorgeschrieben ist, Schutzbrillen zu tragen, werden in Kapitel 4 verzeichnet.

Hinweis: Der Hersteller übernimmt keine Verantwortung füt etwaige Schäden, die durch Nichtbeachtung dieser Sicherheitshinweise entstehen werden.

2. BEDIENUNG, WARTUNG UND INSTALLATION

2.1. Transport

Das System wird in einer speziellen Kiste transportiert, in der die gesamte Ausrüstung untergebracht ist. Das Gesamtgewicht beträgt 18 kg.

Bild 2.1 – Das System wird in einer speziellen Kiste transportiert

2.2. Installation

Die Installation umfasst folgende Schritte:

- Installation der Treibersoftware für die I/O-Karte, bevor die I/O-Karte im PC eingesteckt wird
- Einstecken der I/O-Karte in den Computer
- Anschließen des Hardware-Schlüssels (Dongel) an der parallelen Schnittstelle, und Installation der entsprechenden Treiber
- Installation der RESTAN-Software
- Drucker auswählen

Diese Operationen müssen ausgeführt werden, um das System in Betriebsbereitschaft zu versetzen. Ebenso, wenn der PC, der zur Steuerung verwendet wird, ausgetauscht wurde. Die Mindestanforderungen an den PC sind im vorhergehenden Kapitel beschrieben. Die genaue Anleitung zur Installation der I/O-Karte finden Sie im Anhang dieses Handbuches in der Bedienungsanleitung der I/O-Karte.

- **Die Software der Treiberkarte muß vor der Restan Software installiert werden.**

Der Hardware Schlüssel wird an die parallele Schnittstelle des PC angeschlossen.

- **Bei Windows2000, WindowsNT, WindowsXP denken Sie bitte daran den Treiber für den Hardware-Schlüssel zu installieren, der sich auf der CD befindet.**

Um die Software zu installieren muß das Programm setup.exe gestartet werden, welches sich auf der CD befindet.

Dieses Setup Programm erzeugt auf der Festplatte C das Verzeichnis SINT_RSM, in dem das ausführbare Programm sowie die Unterprogramme zu finden sind (die ausführbaren Prgogramme heißen " SINT_RSM.EXE" und "EVAL_RSM.EXE").

Hinweis: Vor Benutzung der Software ist sicherzustellen, daß der Hardware Schlüssel an der parallelen Schnittstelle eingesteckt ist.

2.3. Wartung Turbine

Hinweis: Alle Wartungs- und/oder Reparaturvorgänge, die nicht expliziet in diesem Kapitel beschrieben sind, sollten vom Hersteller ausgeführt werden.

Der einzige Vorgang der vom Anwender ausgeführt werden kann, ist das Auswechseln und das Einölen der Turbine.

Die Turbine sollte bei den ersten Anzeichen einer Fehlfunktion ausgewechselt werden.

Um die Turbine auszuwechseln, gehen sie bitte wie folgt vor:

1. Drehen Sie den Turbinegehäuse um 45° (Bild 2.6a).
2. Entfernen Sie mit dem Schraubendreher die drei Schrauben von der Rückseite (Bild 2.6b).

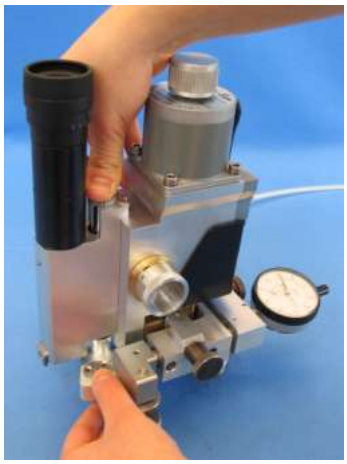


Bild 2.6a

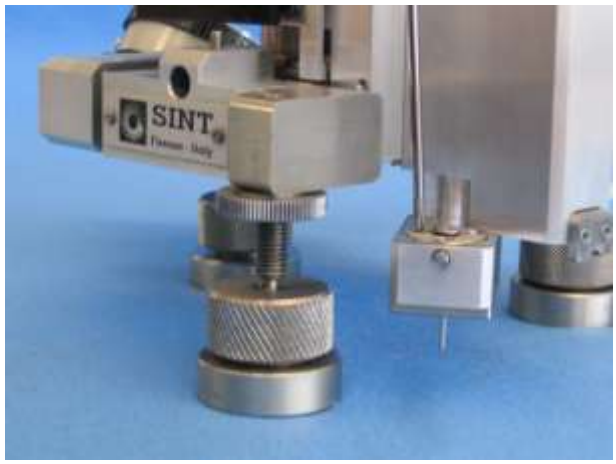


Bild 2.6b

3. Nehmen Sie die Turbine heraus (Bild 2.6c und 2.6d).

Bild 2.6c

Bild 2.6d

4. Setzen Sie die neue Turbine ein.
5. Schrauben Sie wieder mit dem Schraubendreher die Rückseite mit den drei Schrauben fest.
6. Kalibrieren Sie die mechanische und optische Vorrichtung (§4.3).

Jeden möglichen Unfall zur Luftturbine zu verhindern ist vorzuziehend, einen engagierten Luftverdichter zu benutzen. Benutzen Sie einen Luftfilter, entfernen Sie das Vorhandensein der Feuchtigkeit und überprüfen Sie den korrekten Druckwert während alles bohrenbetriebes.

3. BESCHREIBUNG DER KONTROLL - UND MESSDATENERFASSUNGSSOFTWARE

Sie haben aus dem Hauptmenü folgende Auswahlmöglichkeiten (Bild 3.1):

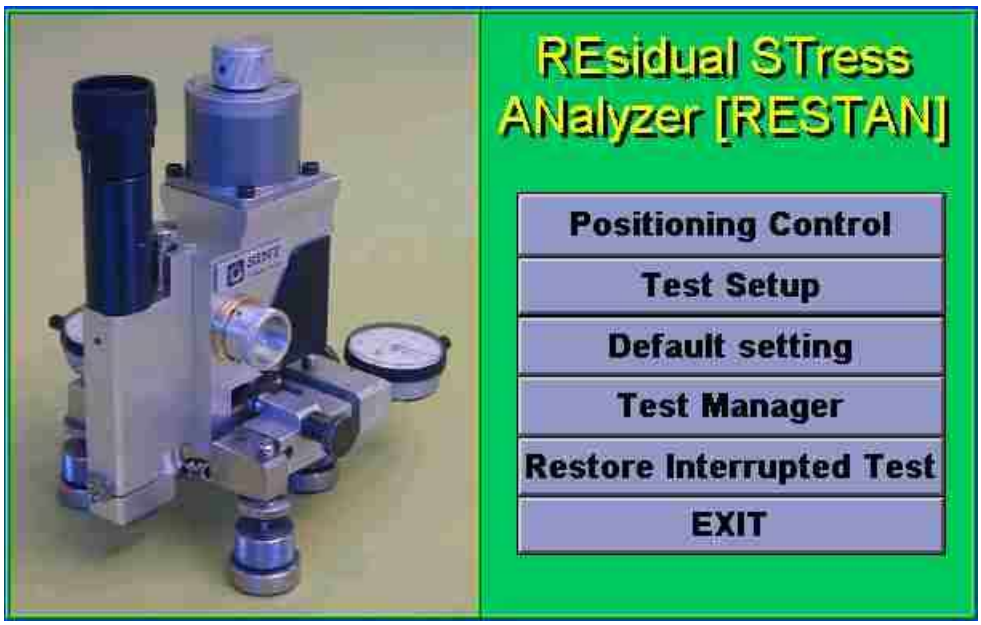


Bild 3.1 – Hauptmenü

- Positionierung der Bohrvorrichtung
- Einstellung der Parameter für die Messung
- Material-Einstellung
- Test Manager
- Wiederaufnahme einer unterbrochenen Messung

Die Funktionen werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

Mit der RESTAN-Software (RESTAN_RSM und RESTAN_EVAL) ist es möglich, die Linienhilfe an zu verwenden. Betätigen Sie "Ctrl + H" und verschieben Sie die Maus auf den relativen Drucktasten.

3.1. Positionierung der Bohrvorrichtung (Positionierungs-Steuerung)

Vor dem Starten des Bohrvorganges muß der Fräser in eine definierte Nullposition gefahren werden. Diese ist definiert als der Punkt, an dem der Fräser gerade die Oberfläche des Werkstückes berührt.

Bei elektrisch leitfähigen Werkstücken gilt folgendes Vorgehen:

Verbinden Sie das beigefügte BNC-Kabel mit der Buchse “Contact” an der elektronischen Steuereinheit. Eine Krokodilklemme muß mit dem Bohrvorrichtung verbunden sein, die andere mit dem elektrisch leitenden Werkstück.

Um diese Nullposition einzustellen klicken Sie “Positioning Control” (bild…) an. Im dann erscheinenden Menü wählen Sie “Positioning Endmill on Surface” (bild…). Daraufhin startet die Turbine und der Fräser bewegt sich mit einem Vorschub von 0,3 mm/min. Jetzt sind weitere Eingaben nicht möglich. Der Vorgang kann jedoch, falls notwendig durch “Emergency Stop” (bild…) abgebrochen werden. Wenn der Fräser die Metalloberfläche berührt erscheint “Warning!!! Current Position is assumed as reference for the hole depth!!” und der Vorschub stoppt. Die symbolisierte LED in der rechten Ecke leuchtet rot.

Handelt es sich bei dem Werkstück um ein nichtmetallisches Material, so wird die Nullposition manuell über “Forward” und “Reverse” angefahren.

Achtung: Für die Annährung an die Oberfläche muß eine niedrige Vorschubgeschwindigkeit (z.B. 0,3 mm/min) gewählt werden.

Sobald die Oberfläche erreicht ist, klicken Sie auf “Assume current Position as Zero”. Es erscheint die Frage, ob dies wirklich die Nullposition ist, “Do you really want to assume this position as Zero Reference for Hole Depth?”

Das Positionierungsmenü (Bild 3.2) enthält folgende Elemente:

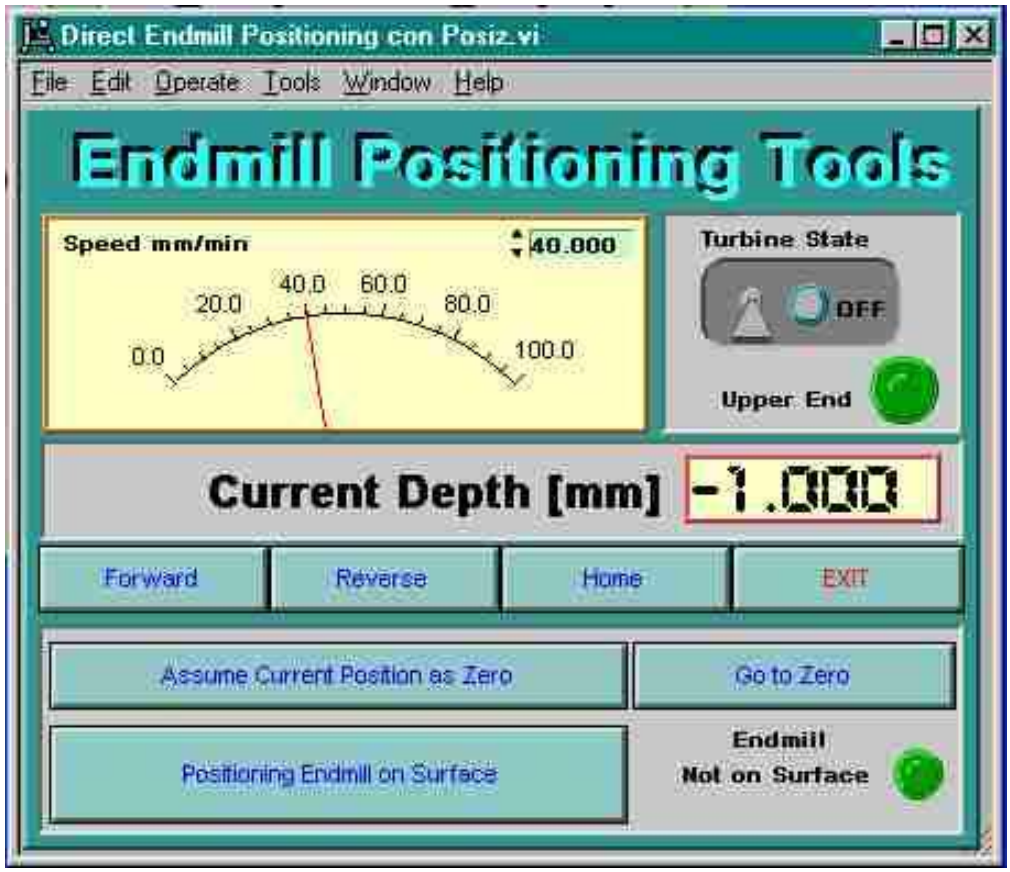


Bild 3.2 – Menüfeld für Positionierungs-Steuerung

- Home: Über den vertikalen Vorschub wird die bewegliche Gruppe mittels des Schrittmotors automatisch in die oberste Position gebracht (d.h. die Einheit wird nach oben gefahren bis der Endschalter aktiviert ist)

- Go to Zero: Der Fräser wird automatisch in die definierte Nullposition gefahren).

- Speed mm/min: Die Vorschubgeschwindigkeit des Schrittmotors läßt sich per Maus oder Tastatureingabe einstellen.

- Current Depth [mm]: Zeigt die aktuelle Position des Fräsers an.

- End Status: Diese symbolisierte LED leuchtet, wenn sich die bewegliche Gruppe in der obersten Position befindet (siehe “Home”).

- Turbine State: Kippschalter und symbolisierte LED zur manuellen Steuerung der Turbine (Ein/Aus).

- EXIT: Zurück zum vorherigen Bedienfeld.

3.2. Positionierung des Fräsers auf der Werkstoffoberfläche

Vor dem Bohren des Loches ist es notwendig, den Fräser in Nullposition zu bringen. Diese ist definiert als der Punkt, an dem das Werkzeug gerade Kontakt zum Metall (genauer gesagt zur Werkstoffoberfläche) hat.

Es wurde ein System konzipiert, das den Fräser exakt auf diese Nullposition bringt. Dabei werden Rosette und Klebstoff durchbohrt. Realisiert ist dies durch Messung des elektrischen Widerstandes zwischen der Metalloberfläche und dem Fräser. Möglich ist das durch die elektrische Isolation der drei Standfüße der Bohrvorrichtung.

Die Schritte werden folgenderrmaßen ausgeführt:

1. Anschluß des entsprechenden Kabels: der BNC-Stecker an Input 1 auf der Rückseite des Elektronikgehäuses; Hiernach einen der beiden Kontakte mit dem Werkstück, den anderen mit der Bohrvorrichtung in Verbindung bringen.
2. Mit dem manuellen Schnellvorschub den Fräser möglichst nahe an der Oberfläche bringen ohne diese jedoch zu berühren. Die Einheit bestehend aus Mikroskop und Turbinengehäuse mittels der Rändelschraube in dieser Position fixieren.
3. Aus dem Hauptmenü den Punkt “Positioning Control” wählen. “Positioning Fräser on Surface” auswählen, um die automatische Prozedur zur Nullpunktfindung zu starten.
4. Wenn der Fräser die Oberfläche berüht, stoppt der Vorschub und es erscheint “Warning! Current position is assumed as reference for the hole depth” (Achtung! Momentane Position wird als Nullpunkt für die Bohrtiefe angenommen) auf dem Bildschirm. Bestätigen Sie mit o.k., wenn Sie den gefundenen Nullpunkt akzeptieren. Mit “Exit” können Sie diese Funktion verlassen.

   Wenn das zu bohrende Material kein Metall ist, ist eine manuelle Positionierung erforderlich. Dies erreichen Sie, indem sie “Forward” (vorwärts) und “Reverse” (zurück) anklicken:

   Schalten Sie die Turbine ein.

   Drücken Sie auf “Forward”, um die Rosette und den Klebstoff zu durchbohren Mit “Reverse” können Sie den Fräser nach oben fahren, um zu kontrollieren, ob Sie an der Werkstoffoberfläche angelangt sind.
5. Vor dem Start der eigentlichen Messung bitte die Krokodilklemmen an der Bohrmaschine und dem Werkstück lösen.

Nun beginnt die eigentliche Messung.

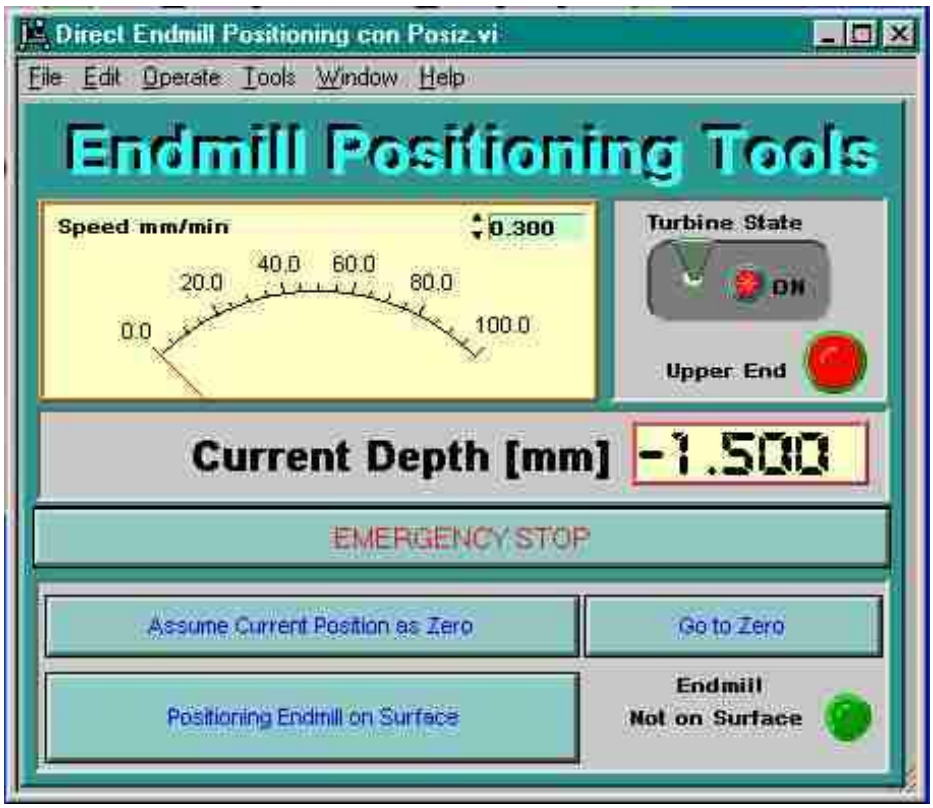


Bild 3.2a – Menüfeld für Positionierungs-Steuerung wie es erscheint, wenn “Positioning endmill on surface” gewählt wird

Achtung:

Die Bestimmung dieser Nullpunktposition ist von entscheidender Bedeutung für die korrekte Ausführung der Messung und in der abschließenden Berechnung für die korrekte Berechnung der Eigenspannungen. Da man sich hierfür die Eigenschaft zunutze macht, daß das Gerät über die Füße elektrisch isoliert ist, verhindert jede Maßnahme, die diese Isolation verringert die korrekte Nullpunktfindung und somit die korrekte Ausführung der Messung.

3.3. Einstellung der Messparameter

Über diese Oberfläche (Bild 3.3) werden vor Versuchsbeginn alle Parameter für die bevorstehende Messung eingegeben. Dieser Programmpunkt wird im Hauptmenü unter der Taste “Test Setup” angewählt.

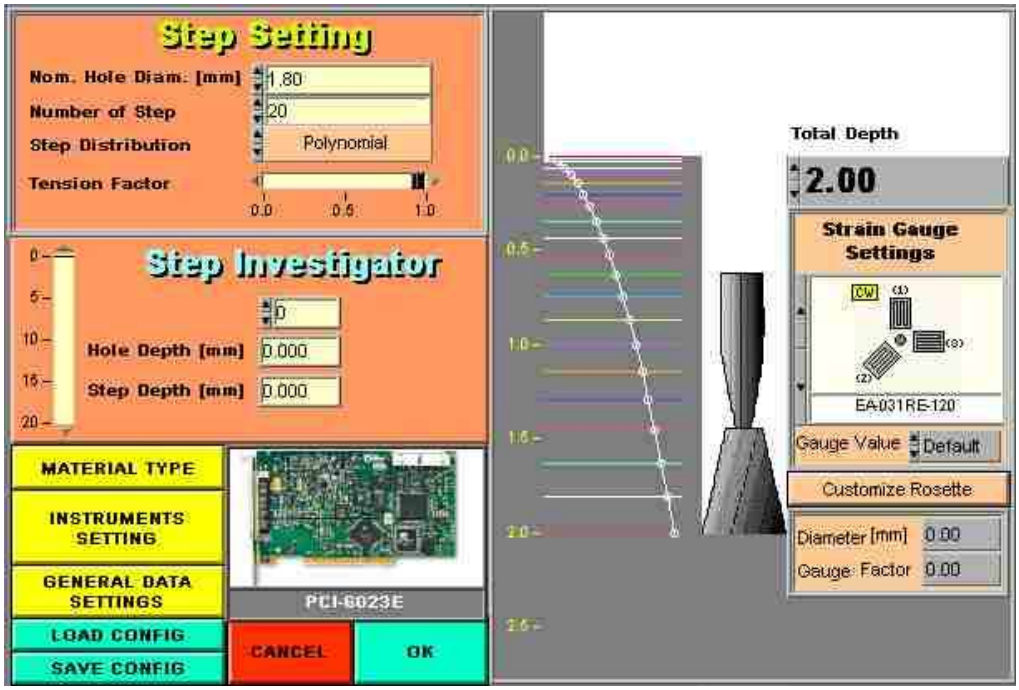


Bild 3.3 – Versuchseinstellungen

3.3.1. Schrittweiten-Einstellung

Im Fenster “Step Settings” erfolgt die Eingabe der Parameter für das Bohrloch. Einstellbar sind die gewünschte Anzahl an Bohrschritten sowie der Schrittweitenverteilung (Profil), wobei zwischen “linear” und “polynomial” gewählt werden kann. Bei der Einstellung “linear” sind alle Bohrschritte gleich groß, d.h. die Messpunkte liegen bezüglich der Bohrtiefe äqidistant. Wird “polynomial” gewählt, so steigt die Größe der Bohrschritte mit der Tiefe. Dadurch können die Messpunkte in der Nähe der Oberfläche konzentriert werden. Über den “tension factor” kann in diesem Fall die Verteilung eingestellt werden: Ein “tension factor” von null erzeugt äquidistante Abstände zwischen den Messpunkten. Der “tension factor” eins verteilt maximal viele Messpunkte konzentriert in Oberflächennähe.

3.3.2. Schrittweiten-Darstellung (Step Investigator)

Dieses Fenster (Bild 3.3) ist hilfreich bei der Analyse des gewählten Profils. Die gewünschte Bohrtiefe läßt sich entweder mit der Tastatur oder mit der Maus direkt in der Grafik eingeben. Dazu den letzten Messpunkt mit der Maus anwählen, linke Maustaste gedrückt halten und auf die gewünschte Bohrtiefe verstellen. Die Verteilung der Messpunkte bezüglich der Bohrtiefe wird grafisch angezeigt.

3.3.3. DMS-Einstellung (Strain Gage Settings)

In diesem Programmpunkt müssen die Daten der verwendeten DMS-Rosette eingegeben werden, die Sie bitte der Verpackung oder anderen Herstellerangaben entnehmen. Die Eingabe ist wichtig für die spätere Berechnung der Eigenspannungen.

Für die unten aufgeführten DMS-Typen sind die Daten bereits im Programm hinterlegt und können mit der Maus auf dem Feld “Strain Gauge Settings” (dabei Maus auf dem Teil des Bildschirmes führen, auf der die Rosette dargestellt ist) ausgewählt werden (Bild 3.3)

- HBM: 1-RY61-1,5/120S
- HBM: 1-RY21-3/120
- M-M: EA-031RE-120
- M-M: EA-062RE-120
- M-M: TEA-062RK-120
- M-M: CEA-062UM-120
- M-M: EA-125RE-120

Durchmesser (“Diameter” [mm]) und k-Faktor (“Gauge” Factor) der jeweiligen Rosette werden am rechten unteren Rand angezeigt. “Gauge Value” kann von “default” auf “custom” umgestellt werden, falls der k-Faktor der aktuellen DMS-Rosette nicht dem Defaultwert entspricht. Ist “custom” angewählt, so kann nach Anklicken von “Customize Rosette” ein neuer k-Faktor eingegeben werden.

Wird eine Rosette eingesetzt, die nicht in obiger Liste enthalten ist, so wird zuerst “CW Custom Rosette” oder “CCW Custom Rosette” angeklickt, dann “Customize Rosette”. Auf der dann erscheinenden Oberfläche werden folgende Daten abgefragt:

- Typenbezeichnung (A-B-C in Anlehnung an ASTM E837-01)
- Durchmesser
- k-Faktor (Dehnungsempfindlichkeit)
- CW (“Clock-Wise” im Uhrzeigersinn) oder CCW (“Counter-Clock-Wise” entgegen dem Uhrzeigersinn)

3.3.4. Materialtyp (Material-Einstellung)

Unter diesem Punkt werden folgende Daten zum Material des Werkstückes abgefragt (Bild 3.4):

- **Material:** Bezeichnung des Materials
- **Heat-Treatment:** Anmerkung zu einer eventuell durchgeführten Wärmebehandlung der das Material unterzogen wurde.
- **Poisson´s Ratio:** Poisson-Zahl
- **Young´s modulus [N/mm²]:** Elastizitätsmodul
- **Notes:** Hier können Zusatzinformationen zum Material bzw. zum Werkstück eingetragen werden.

Bild 3.4 – Feld für Materialdaten

Mit dem Button “Return” kommen Sie zurück zum Test Setup.

3.3.5. Verstärker-Einstellung (Instrument Setting)

Zur Spezifikation des verwendeten Verstärkers auf dem erscheinenden Bedienfeld kann durch Schieber am linken Bildrand, aus einer Reihe von Verstärkern ausgewählt werden. Erscheint das Bild des gewünschten Verstärkers in dem dafür vorgesehenen Fenster, so muß nur noch “Instrument Setting” angeklickt werden. Mit “OK” wird die Auswahl des Verstärkers übernommen (mit “Cancel” wird nichts abgespeichert). Mit “Return” kommen Sie zurück zum Test Setup (Bild 3.5).

Bild 3.5 – Feld für Instrumenten-Auswahl

Zur Auswahl stehen folgende Verstärker:

- HBM-UPM60
- HBM-UPM100
- HBM-MGC
- HBM-MGC Plus
- HBM-DMC-Plus
- HBM-Spider8 / HBM-Spider 8-30
- VI Server Data
- PCI 6023E (zum Anschluß analoger DMS-Verstärker)
- DAQCARD 6024E (zum Anschluß analoger DMS-Verstärker)

Bei den beiden Letztgenannten hadelt es sich um PC-Einschubkarten mit integrierten A/D-Wandlern (Aquisition Boards) mit identischen Eigenschaften und Anschlüssen. Wobei das erstere für die Verwndung in Desktop-Rechnern, das andere in Notebooks konzipiert ist (genauere Informationen entnehmen Sie bitte dem ensprechenden National Instruments Handbuch).

PCI 6023E und DAQCARD 6024E

Diese Meßwertaufnehmerkarten haben, wie die meisten Karten für diesen Zweck, einen Eingangssignalbereich von +/- 10 Volt, passend zu den meisten analogen DMS-Verstärkern, die ein Ausgangssignal von bis zu +/- 10 Volt ausgeben können. Deshalb ist es ratsam, die Verstärkerempfindlichkeit so zu wählen, daß der zulässige Eingangsbereich der Karte nicht überschritten wird. Jedoch ist die Karte gegen Überspannungen bis ± 45V geschützt, so daß bei der Überschreitung des zulässigen Eingangssignalbereiches von ± 5 V keine Gefahr für die Karte besteht. Allerdings werden die Meßwerte, die ein Eingangssignal über 10 Volt erzeugen verfälscht.

Bild 3.6a – PCI 6023E Menüfeld

Bild 3.6b – DAQCard 6024E Menüfeld

Folgende Parameter können im Menüfeld eingegeben werden (Bild 3.6a und 3.6b):

- **DEVICE:** Device Nummer der Meßwertaufnehmerkarte in Ihrer PC-Konfiguration (siehe Anleitung von National Instruments).
- **SENSITIVITY [mV/V]:** Empfindlichkeit; muß auf den gleichen Wert eingestellt werden, wie die Empfindlichkeit [mV/V] des verwendeten Analogverstärkers.
- **STRAIN GAUGE SUPPLY [V]:** DMS-Speisespannung; muß genauso eingestellt werden wie die am Analogverstärker gewählte DMS-Speisespannung [V].
- **Max OUTPUT:** Maximale Ausgangsspannung; muß dem Signal bei Vollausschlag des verwendeten Analogverstärker entsprechen.
- **SCAN RATE:** Abtastfrequenz, gibt an, wie oft pro Sekunde alle Kanäle abgefragt warden.
- **SAMPLES:** Hier ist die Anzahl der Abtastwerte je Kanal einzugeben (wird zur Mittelwertberechnung benötigt).

Auf dem **PCI 6023 E** und **DAQCARD 6024 E** -Menü befinden sich noch folgende Schalter:

- **Single Read:** Startet eine einzige Abfrage der Dehnungswerte aller Kanäle.
- **Continous Read:** kontinuierliche Dehnungsanzeige, bis dieser Button erneut gewählt wird.

- Tare Balance: mit diesem Befehl können die Kanäle Nullgesetzt warden.

- Balance State: Ein-, Ausschalten der Tarierung.

UPM60

Folgende Parameter können im Menüfeld (Bild 3.7) eingestellt werden:

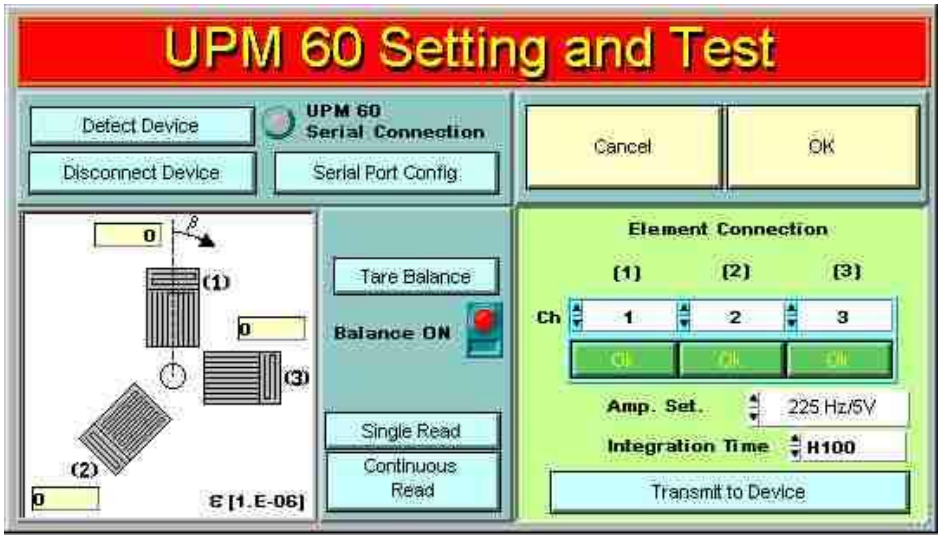
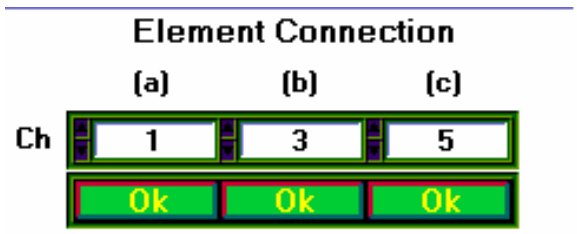


Bild 3.7 – UPM 60 Menüfeld

- **Element connection:** In der ersten Reihe dieses Fensters werden die Kanäle eingegeben, an die die einzelnen Messgitter der DMS-Rosette angeschlossen sind (a), (b), (c), oder (1), (2), (3). Wird auf einem Kanal ein Fehler festgestellt, so erscheint in der zweiten Reihe unter der entsprechenden Kanalnummer “ERROR”. Ist alles in Ordnung, so zeigt das entsprechende Feld “OK”.



- **Amplifier setting:** Der UPM60 kann als Gleichspannungs- oder Trägerfrequenzverstärker betrieben werden. Zur Auswahl stehen:
  - 5VDC
  - 600Hz/5V

- Integration Time: Einstellen der Integrationszeit für die UPM60.

- Single Read: Löst eine Messung aus

- **Continuous Read:** kontinuierliche Messung, bis dieser Button erneut ausgewählt wird
- **Tare Balance:** mit diesem Befehl werden die Meßkanäle tariert
- **Balance on/off:** Ein-, Ausschalten der Tarierung
- **Transmit to Device:** Übertragen der aktuellen Parameter an das Gerät
- **Detect Device und Disconnect Device:** Schnittstellenverbindung zum herstellen bzw. unterbrechen. Eine symbolisierte LED auf dem Bildschirm leuchtet, wenn der Kontakt hergestellt ist.
- **Serial Port Config:** Einstellung der Schnittstellenparameter

UPM100

Folgende Parameter können im Menüfeld (Bild 3.8) eingegeben werden:

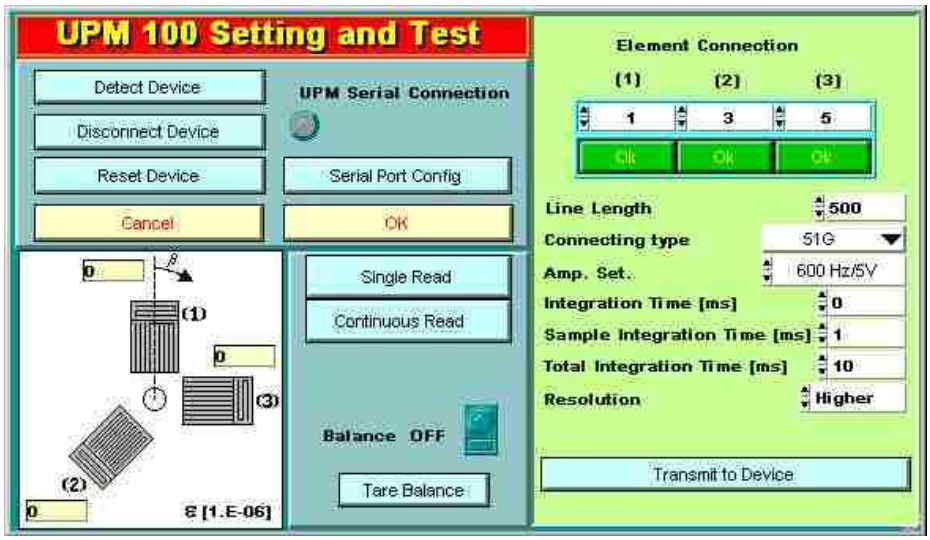
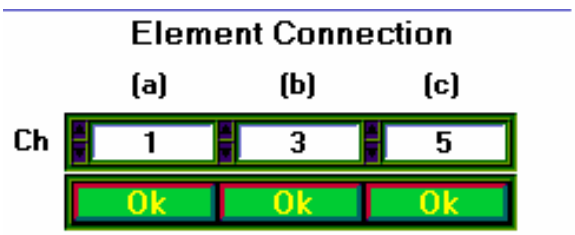


Bild 3.8 – UPM100 Menüfeld

- **Element connection:** In der ersten Reihe dieses Fensters werden die Kanäle eingegeben, an die die einzelnen Messgitter der Rosette angeschlossen sind (a), (b), (c), oder (1), (2), (3). Wird auf einem Kanal ein Fehler festgestellt, so erscheint in der zweiten Reihe unter der entsprechenden Kanalnummer “Error”. Ist alles in Ordnung, so zeigt das entsprechende Feld “OK”.



- Line Length: Länge der verwendeten Verbindungskabel zwischen DMS und UPM 100.

- Connecting Type: Hier kann der Anschlußtyp (Brückenart und Umschalteinheit) gewählt werden

- Amp. Set.: Die UPM100 kann als Gleichspannungs- oder Trägerfrequenzverstärker betrieben werden. Zur Auswahl stehen:

- ♦ 5VDC
- ♦ 600Hz/5V

- Integration Time [ms]: siehe UPM 100 Handbuch

- Sample Integration Time [ms]: siehe UPM100 Handbuch

- Total Integration Time [ms]: siehe UPM100 Handbuch

- Resolution: Hier kann die Auflösung gewählt werden zwischen Standard und higher. **Mehr zu diesen Funktionen im UPM-Handbuch.**

Auf dem UPM 100-Bedienfeld befinden sich noch folgende Aktionsfelder:

- Single Read: Startet eine einzige Abfrage der Dehnungswerte aller Kanäle

- Continuous Read: Die Meßwerte werden solange kontinuierlich gelesen, bis dieser Button erneut angewählt wird.

- Tare Balance: mit diesem Befehl können die Verstärkerkanäle tariert werden

- Balance State: Ein- und Ausschalten der Tarierung

- Transmit to Device: Übertragen der aktuellen Parameter an das Gerät

- Detect Device und Disconnect Device: Verbindung zum Gerät herstellen bzw. unterbrechen. Wenn der Kontakt zwischen Gerät und Rechner hergestellt ist, leuchtet auf dem Bildschirm eine symbolisierte LED.

- Serial Port Config.: Einstellen der Schnittstellenparameter

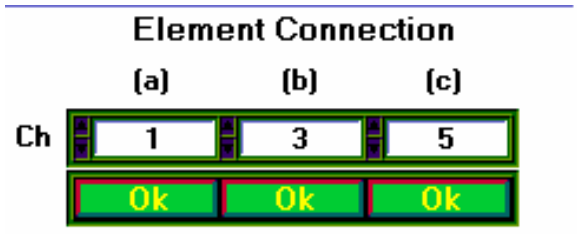
♦ **Die ausführliche Beschreibung der UPM100 finden Sie im HBM-Handbuch.**

MGC und MGCPlus

Folgende Parameter können im Menüfeld (Bild 3.9a für MGC und Bild 3.9b für MGC +) eingegeben werden:

Hinweis: Bitte beachten Sie, dass die Auswahlmöglichkeiten durch die Wahl des Verstärkereinschubes begrenzt ist!

- **Element connection:** In der ersten Reihe dieses Fensters werden die Kanäle eingegeben, an die die einzelnen Messgitter der DMS-Rosette angeschlossen sind (a), (b), (c) oder (1), (2), (3). Wird auf einem Kanal eine Fehler festgestellt, so erscheint in der zweiten Reihe unter der entsprechende Kanalnummern “Error”. Ist alles in Ordnung, so zeigt das entsprechende Feld “OK”.



- **Excitation Voltage:** Wahl der gewünschten Brückenspeisespannung. Zur Auswahl stehen:
  - ♦ 1V
  - ♦ 2.5V
  - ♦ 5V

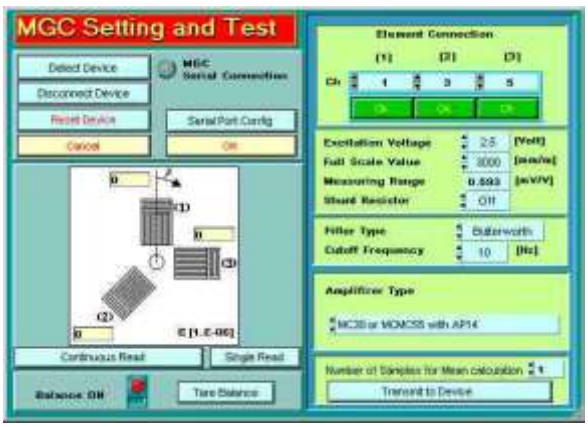


Bild 3.9a – MGC Menüfeld

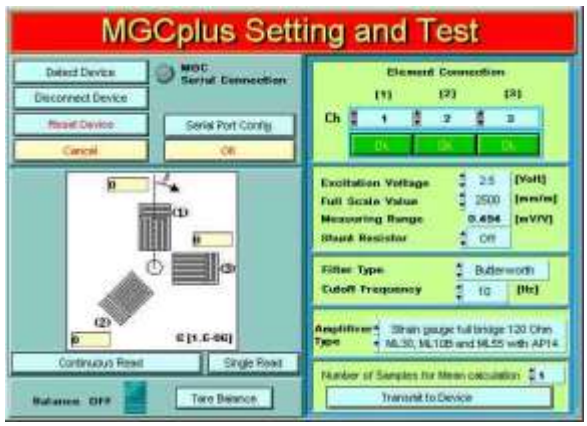


Bild 3.9b – MGCPlus Menüfeld

- **Full Scale Value:** Messbereich

- **Measuring Range:** Der Meßbereich wird nach diesem Maximalwert ausgerichtet. Dieser Punkt ist nicht einstellbar, da er aus dem k-Faktor errechnet wird
- **Shunt Resistor:** Hiermit kann ein Shunt zu- bzw. abgeschaltet werden, der zur Kalibrierung des Verstärkers dient
- **Filter Type:** Wahl der Charakteristik des eingebauten Tiefpassfilters. Zur Auswahl stehen:
    - ♦ Bessel
    - ♦ Butterworth
- **Cutoff Frequency:** The selected filter is adjusted to the cutoff frequency set by this control.
- **Number of samples for Mean calculation:** Number of measured values used for mean calculation.

♦ **Ausführlichere Beschreibungen finden Sie im HBM-Handbuch.**

Auf dem MGC-Bedienfeld befinden sich noch folgende Button:

- **Single Read:** Erzeugt eine Messung für jeden Kanal
- **Continuous Read:** kontinuierliche Messung bis dieser Button erneut angewählt wird.
- **Tare Balance:** mit diesem Befehl können die Verstärkerkanäle tariert werden
- **Balance ON/OFF:** Ein- und Ausschalten der Tarierung
- **Transmit to Device:** Übertragen der aktuellen Parameter an das Gerät
- **Detect Device und Disconnect Device:** Schnittstellenverbindung zum Gerät herstellen bzw. unterbrechen. Wenn der Kontakt zwischen Gerät und Rechner hergestellt ist, leuchtet auf dem Bildschirm eine symbolisierte LED.
- **Serial Port Config.:** Einstellen der Schnittstellenparameter

Die ausführliche Beschreibung des MGC und MGC Plus finden Sie im HBM-Handbuch.

DCM-PLUS

Folgende Parameter können im Menüfeld (Bild 3.10) eingegeben werden:

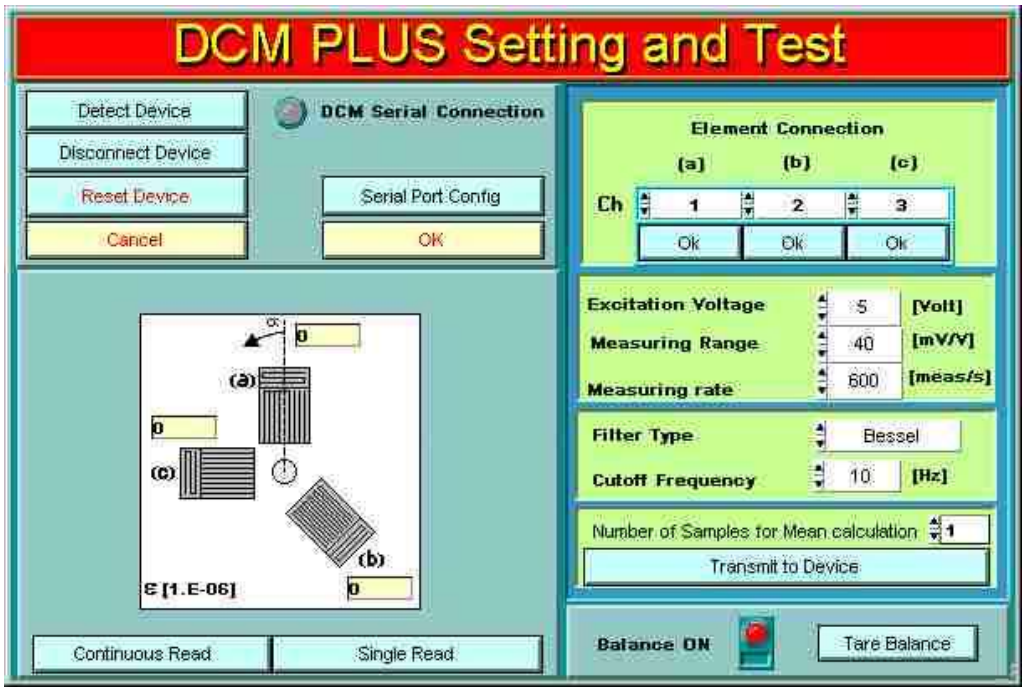
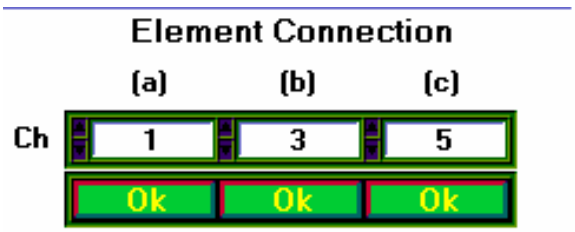


Bild 3.10 – DCM PLUS Menüfeld

- **Element connection:** In der ersten Reihe dieses Fensters werden die Kanäle eingegeben, an die die einzelnen Messgitter der DMS-Rosette angeschlossen sind (a), (b), (c) oder (1), (2), (3). Wird auf einem Kanal eine Fehler festgestellt, so erscheint in der zweiten Reihe unter der entsprechende Kanalnummern “Error”. Ist alles in Ordnung, so zeigt das entsprechende Feld “OK”.



- **Excitation Voltage:** Wahl der gewünschten Brückenspeisespannung. Zur Auswahl stehen:
  - ♦ 0.625V
  - ♦ 1.25V
  - ♦ 2.5V
  - ♦ 5V

- Measuring Range: This control adjusts the measuring range.

- Measuring Rate: Hier wird die Meßrate festgelegt (Anzahl der Messungen pro Sekunde). Zur Auswahl stehen folgende Meßraten:

9600 **–** 4800 **–** 2400 **–** 1200 **–** 600 **–** 300 **–** 150 **–** 75 **–** 60 **–** 50 **–** 30 **–** 20 **–** 10 **–** 5 **–** 2 **–** 1

Diese Einstellung muß für alle derzeit aktiven Kanäle gemacht werden. Eventuell ist es notwendig, die Grenzfrequenz des Eingangsfilters an die neue Meßrate anzupassen. Liegt die Meßrate außerhalb der vorher eingestellten Grenzfrequenz, so sollte nun die Grenzfrequenz so eingestellt werden, daß die Meßrate gerade innerhalb des erlaubten Bereiches liegt.

- Filter Type: Wahl der Charakteristik des eingebauten Tiefpassfilters. Zur Auswahl stehen:

- ♦ Bessel
- ♦ Butterworth

- Cutoff Frequency: Wahl der Grenzfrequenz des Tiefpasses.

- Number of samples for Mean calculation: Gewünschte Anzahl der Meßwerte, die für die Mittelwertbildung genutzt werden sollen.

♦ **Die ausführlichere Beschreibungen finden Sie im HBM-Handbuch**

Auf dem DMC-Plus-Bedienfeld befinden sich noch weitere Aktionsfelder:

- Single Read: Startet eine einzige Abfrage der Dehnungswerte aller Kanäle

- Continuous Read: Die Meßwerte werden solange kontinuierlich gelesen, bis dieser Button erneut angewählt wird.

- Tare Balance: mit diesem Befehl können die Verstärkerkanäle tariert werden

- Balance State: Ein- und Ausschalten der Tarierung

- Transmit to Device: Übertragen der aktuellen Parameter an das Gerät

- Detect Device und Disconnect Device: Verbindung zum Gerät herstellen bzw. Unterbrechen. Wenn der Kontakt zwischen Gerät und Rechner hergestellt ist, leuchtet auf dem Bildschirm eine symbolisierte LED.

- Serial Port Config.: Einstellen der Schnittstellenparameter für die serielle Schnittstelle

Die ausführlichere Beschreibung des DMC-Plus finden Sie im HBM-Handbuch.

SPIDER 8 UND SPIDER 8-30

Folgende Parameter können im Menüfeld (Bild 3.11) eingegeben werden:

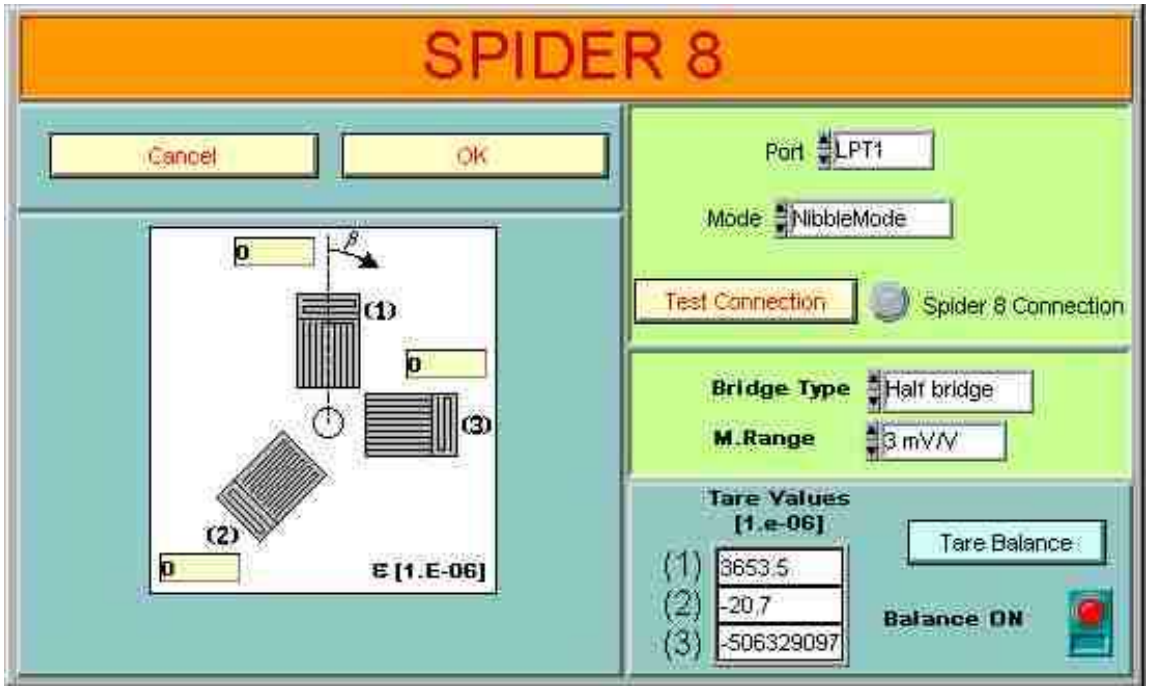


Bild 3.11 – SPIDER 8 Menüfeld

- Port: Port: Bezeichnet die Schnittstelle über welche die Verbindung mit dem Spider 8 hergestellt wird:

- COM 1
- COM 2
- LPT 1
- LPT 2

- Test Connection: Dieser Button dient dazu, die Verbindung mit der gewählten Schnittstelle herzustellen und zu überprüfen.

- Bridge Type: Bezeichnet den Dehnungsmeßbrückentyp:

- Full Bridge (Vollbrückenschaltung)
- Half Bridge (Halbrückenschaltung)
- Quarter (Viertelbrücke) - Bei Spider 8-30

- Mode: Bezeichnet den Funktionsmodus der Verbindung mit dem Spider 8. Bei serieller Schnittstelle kann die Baudrate gewählt werden: 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, wird die parallele Schnittstelle benutzt sind folgende Einstellungen je nach Konfiguration des Computers möglich: Bit8Mode, ByteMode, EPPMode.

- M. Range: Stellt den gewünschen Meßbereich am Spider 8 ein:

- 3 mV/V
- 12 mV/V
- 125 mV/V
- 500 mV/V

- Tare Balance: Mit diesem Befehl können die Verstärker tariert warden.

- Balance Status: Ein- und Ausschalten der Tarierung.

- Tare Values: zeigt die Brückenverstimmungen der drei Messgitter nach dem Nullabgleich an.

- Spider 8 Connection: Zeigt den Anschlußstatus (die LED ist grün, wenn Anschluß eingeschaltet ist).

ACHTUNG! Die drei Messgitter der DMS-Rosette (a), (b), (c) für CW Rosetten, oder (1), (2), (3) für CCW-Rosetten müssen jeweils mit den Kanälen 0,1 und 2 des Spider 8 / Spider 8-30 verbunden werden.

3.3.6. Randbedingungen der Messung (General Data Setting)

Im Menüfeld (Bild 3.11) können folgende Bemerkungen zur Messung eingegeben werden:

- **Date:** Datum der Messung
- **Head treatment:** Beschreibung einer evtl. Vorgenommenen Wärmebehandlung des Testobjektes
- **Operator:** Name der Person, die die Messung durchgeführt hat
- **Place:** Ort, an dem die Messung durchgeführt wurde
- **Test Description:** Kurze Beschreibung der Messung
- **File Path:** Pfadname des Files, auf dem die Daten gespeichert werden sollen (Hilfestellung bei der Festlegung des Pfadnamens erhalten Sie durch Anklicken von “Seth path and file”)

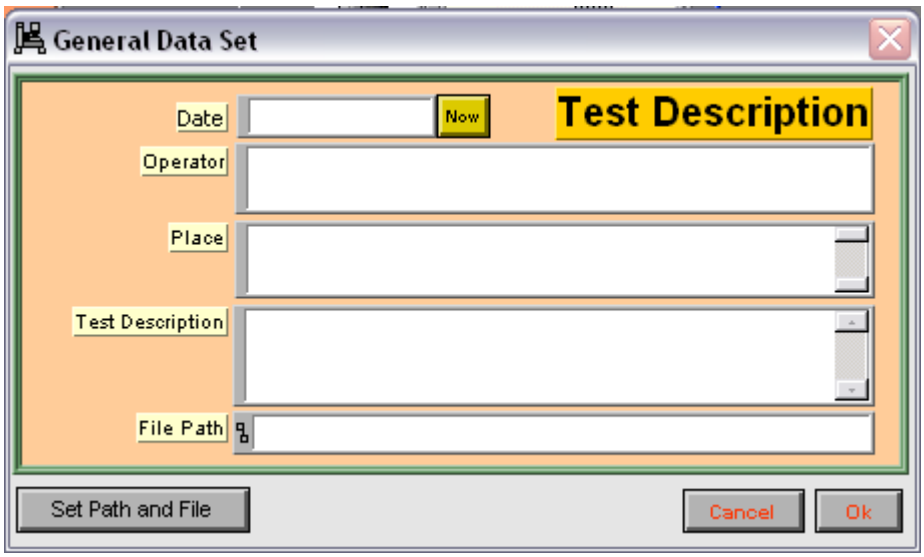


Bild 3.12 – Manüfeld für Allgemeindaten

Sie können den Ordner in dem die Messdaten gespeichert werden sollen wählen, indem Sie auf die Schaltfläche “Set Path and File” klicken. Es erscheint ein Windows-Dialog.

Drücken Sie “OK” um alle Eingaben zu speichern und zum Test Setup zurückzukehren. Möchten Sie die Änderungen nicht abspeichern, so drücken Sie stattdessen “Cancel”.

3.3.7. Abspeichern und Wiederaufrufen der Testparameter (Load Configuartion und Save Configuration)

Alle oben beschriebenen Einstellungen können durch Anklicken von “Save Config” gespeichert werden (Bild 3.3). Es erscheint ein Untermenü, in die der gewünschte Name für das Konfigurations-File eingetragen wird. Dabei muß der Name dieses Files so gewählt werden, daß die Dateiendung .CFG lautet. Es ist so möglich unterschiedliche Konfigurationen unter verschiedenen Namen abzuspeichern. Die jeweils gewünschte Konfiguration wird durch Anwählen von “Load Config” geladen (Bild 3.3).

Drücken Sie “OK” um mit der gewünschten Konfiguration zum Hauptmenü zurückzukehren. Mit “Cancel” kehren Sie zum Hauptmenü zurück ohne die Konfiguration zu ändern.

3.4. Default-Einstellung (Default-Setting)

Nach Anklicken der Schaltfläche “Default Setting” (Bild 3.1) erscheint ein Menü (Bild. 3.13) mit folgenden Elementen:

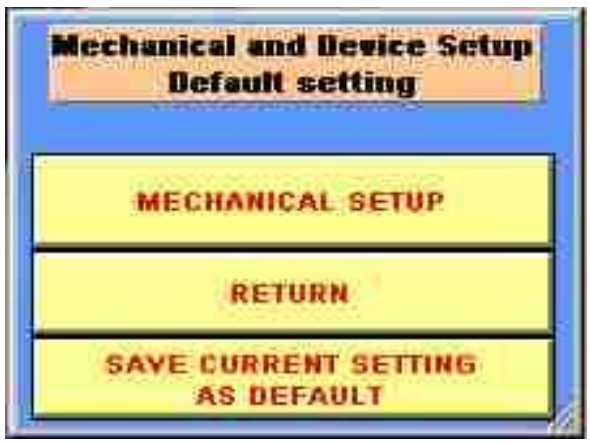


Bild 3.13 – Feld der Defaulteinstellung für mechanische- und Vorrichtungeinstellung

- MECHANICAL SETUP: In diesem Bedienfeld (Bild 3.15) können, nach Eingabe des Passwordes die mechanischen Einstellungen vorgenommen werden (treten Sie bitte mit unserem Kundendienst info@sintechnology.com):

- Screw Pitch [mm/r]: Vorschub [mm] pro Umdrehung [r].
- Stepping Motor Control Type (1/2 - 1/4 step): Nominelle Auflösung des Schrittmotors ist 200 Schritte pro Umdrehung (entspricht 1,8 Grad pro Schritt). Zur Auswahl stehen folgende Schrittmotorsteuerungen:
  - ♦ 1/2 Schritt -> 400 Schritte pro Umdrehung
  - ♦ 1/4 Schritt -> 800 Schritte pro Umdrehung

- Device: Hier können Sie die Nummer der Ni-Karte eingeben, unter der diese Karte in Ihrem System verwaltet wird.

- **SAVE CURRENT SETTING AS DEFAULT:** speichert alle aktuellen Einstellungen (z.B. gewähltes Meßgerät inkl. der eingestellten Parameter, DMS-Typ,…) im Default File. Beim nächsten Start der Software werden die vorgenommenen Einstellungen automatisch geladen.

- **RETURN:** Durch Klicken auf die Schaltfläche Return werden die Änderungen die Sie im mechanical Setup vorgenommen haben übernommen.

ACHTUNG! Das vorhandene Default File wird überschrieben (deshalb erscheint ein Warnhinweis, der eine Bestätigung dieses Befehls verlangt).

3.5. Test Manager

Vor dem Anklicken des “Test Mangers” muß sich der Fräser in Startposition befinden (siehe § 3.2). Mit diesem Befehl wird der eigentliche Meßvorgang gestartet (nachdem alle Einstellungen gemacht wurden wie in § 3.3 beschrieben). Nach Anwählen von “Test Manager” erscheint ein Kontrollfeld, über das die Bewegung und die Meßwertaufnahme gesteuert wird (Bild 3.14).

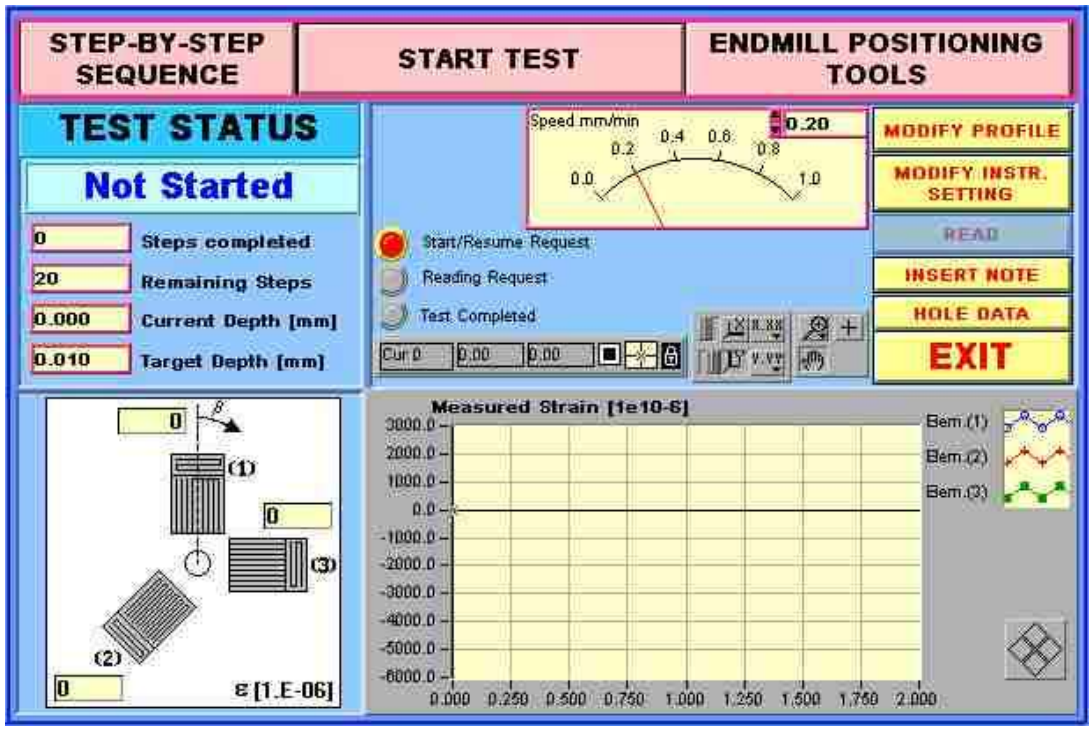


Bild 3.14 – Versuchsdurchführung, wenn Schrittabfolge gewählt wird

Der “Test Status”-Fenster beinhaltet alle wichtigen Informationen zum laufenden Meßvorgang:

- Not started: Nicht gestartet
- Test completed: Beendet
- Emergency Stop: Notstop
- Waiting for reading: Warten auf die Meßwertaufnahme
- Waiting for drilling: Warten auf das Bohren

Und außerdem:

- Anzahl der bereits durchgeführten Schritte
- Anzahl der noch auszuführenden Schritte
- Augenblickliche Bohrlochtiefe [mm]
- Tiefe nach dem nächsten Bohrschritt [mm]

Der Test kann auf zwei Arten durchgeführt werden

- Manueller Testablauf
- Automatischer Ablauf

Ein Umschalten zwischen beiden Betriebsarten ist jeweils nach Beendigung eines Schrittes möglich. Mit “Start Test” wird der ausgewählte Ablauf gestartet. Beim ersten Anklicken dieses Befehles erfolgt automatisch ein Sprung zum “Instrument Setting”, damit die Meßstellen Null gesetzt werden können.

Sie müssen eine Nullsetzung durchführen, um den Test starten zu können.

3.5.1. Manueller Test (Step-by-Step Sequence)

Die Auswahl dieser Betriebsart erfolgt über die Schaltfläche in der linken oberen Ecke.

Vor Beginn der Messung muß die Vorschubgeschwindigkeit in mm/min eingegeben werden. Für Metalle sollte dieser Wert zwischen 0,1 und 0,2 mm/min liegen.

Ablauf:

a) Nach Anklicken von “Start Test” öffnet zunächst eine Dialogbox, in der der Name eingetragen werden muß, den der Datensatz mit den Meßwerten tragen soll. Wird ein bereits existierender Name gewählt, so erscheint eine Nachfrage, ob dieser Datensatz tatsächlich überschrieben werden soll. Danach fordert das Programm Sie auf, die Verstärkerkanäle Null zu setzen, wozu erneut das Fenster geöffnet wird, in dem die Parameter für den Verstäker eingestellt werden können. Hier muß zunächst wieder Null gesetzt werden, erst nachdem dieses geschehen ist und das Fenster mit o.k. verlassen wurde, wird die Bohrvorrichtung in Gang gesetzt. Das Motor-Kontrollfeld (Bild 3.15) erscheint und zeigt die

Vorschubgeschwindigkeit sowie die Anzahl der bereits ausgeführten Schritte des Schrittmotors an. Eine komplette Umdrehung, entsprechend eines Vorschubes von ca. 0,5 mm, wird in 800 Schritten ausgeführtWhen the motor steps indicator reaches the pre-established value the motor (and consequently the counting of steps) stops and the motor window disappears. During this time the current depth is saved on a positioning file and it will be reused if an interrupt occurs. When the step has been completed, read the strain value by clicking on the “READ” button (the LED “Reading Request” will light up). The values may be read several times (eg, to check the stability of measurement) by pressing “REPEAT READ”.

b) Erreicht die Anzahl der ausgeführten Schritte den vorgewählten Wert, so stoppt der Motor (und damit der Schrittzähler) und das Motorkontrollfeld verschwindet. Währenddessen wird die aktuelle Tiefe in einem Positionierungsfile gespeichert und im Falle einer Unterbrechung wieder eingestellt. Nun werden, durch Anklicken von “Read”, die Dehungswerte eingelesen (die LED “reading request” leuchtet). Bei Bedarf (z.B. zur Stabilitätsprüfung der Messung) können diese Werte mehrmals eingelesen werden über “Repeat Read”. Dabei wird immer der zuletzt eingelesene Wert in das Datenfile geschrieben.

c) Auf dem Bildschirm erscheint der Schalter “Next Step” zum Starten des nächsten Bohrschrittes.

d) Dieses Vorgehen wird so oft wiederholt, bis das Loch die gewünschte Tiefe hat.

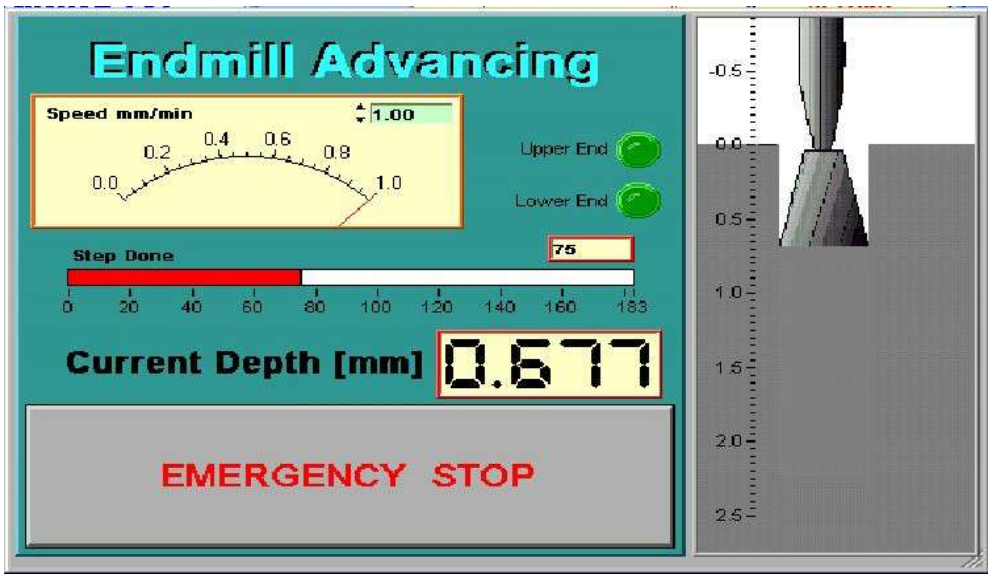


Bild 3.15 – Motor Kontrollfeld

Wichtige Hinweise zum Modus “manueller Test”

- Nach dem letzten Schritt müssen durch Anklicken von “Hole Data” (Bild 3.14) die Dimensionen X1, X2, Y1 und Y2 (Bild 3.16) übernommen werden. Sie werden benötigt, um mittleren
    - ♦ Lochradius
    - ♦ Exzentrizitätsradius
    - ♦ Exzentrizitätswinkel zu bestimmen

In einem späteren Stadium besteht die Möglichkeit diese Daten zu ändern.

- Das Motorkontrollfeld (Bild 3.17) hat nur einen “Emergency Stop” (“Not-Aus”)-Knopf. Wird dieser betätigt, so wird der Bohrvorgang unterbrochen und es erscheint das Test Manager-Fenster. Aus dem “Start Test”-Knopf wird “Resume Sequence”. Durch Anklicken von “Resume Sequence” kann der Benutzer den Testablauf fortsetzen.
- Selbst bei laufendem Meßvorgang kann das Bohrprofil geändert werden und zwar jeweils vor dem Drücken von “Next Step”. Dies geschieht über “Modify Profile” (Bild 3.14). Auf dem dann erscheinenden Fenster kann die Anzahl der ursprünglich angegebenen Schritte nach oben bzw. unten korrigiert werden.
- Auch bei laufendem Meßvorgang ist es möglich, durch Anklicken von “Endmill Positioning” (Bild 3.14) zur manuellen Positonierung zu springen. Dies geschieht entweder, wenn eine Eingabe zur Fortsetzung des Borhvorganges erwartet wird oder nach Unterbrechung des Bohrends durch “Emergency Stop”.

Beim Verlassen des Positionierungs-Menüs wird der Fräser automatisch wieder in die ursprüngliche Position gebracht (d.h. in die Tiefe, in der er sich vor der Unterbrechung befand).

Dieses Feature ist sehr hilfreich, wenn der Fräser während des Meßablaufs bricht.

- Werden die aktuellen Dehnungswerte nicht wenigstens einmal eingelesen, so läßt sich der Meßablauf nicht mit “Next Step” fortsetzen.
- Durch Anklicken von “Modify Instr. Setting” (Bild 3.14) kann der Benutzer im laufenden Test die Verstärkereinstellung ändern, mit Ausnahme der Tarierung (der entsprechende Schalter ist grau markiert und reagiert nicht auf Betätigung).
- Mit “Insert Note” ist es möglich, eine Notiz im Datenfile zu machen. Sie darf aus höchstens 50 Zeichen bestehen.

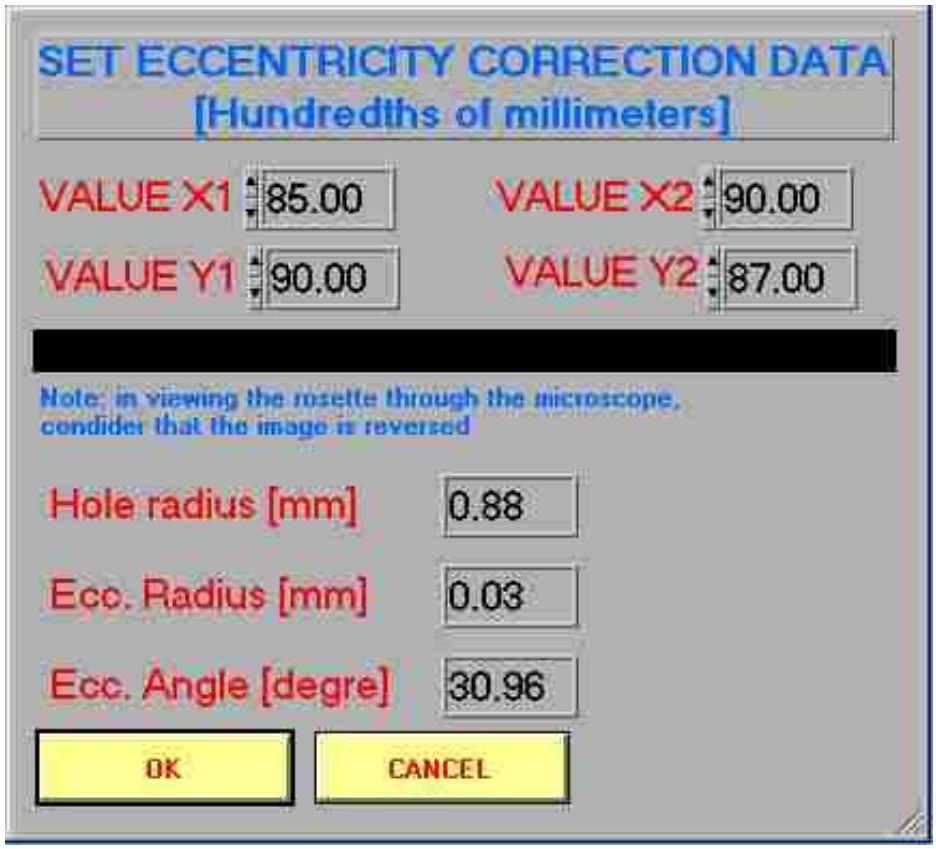


Bild 3.16 – Daten Menüfeld für Exzentrizität

- Wird vor Beendigung der Messung “Exit” (Bild 3.16) gedrückt, so erscheint die Meldung, daß die Messung noch nicht beendet sei und es wird eine Bestätigung des Befehls verlangt. Es erscheint:

Test not completed Do you really want to exit ?

- Wird diese Frage bejaht, so wird das entsprechende Datenfile als abgebrochen markiert (Test status = off) und kann so über den entsprechenden Befehl im Hauptmenü erneut geladen werden.

3.5.2. Automatischer Ablauf (Automatic Sequence)

In diesem Modus werden alle oben aufgeführten Befehle automatisch ausgeführt. Sie erreichen diesen Modus, indem Sie in der linken oberen Ecke des Bildschirmes auf die Schaltfläche “manuell Sequence” klicken. Es erscheint “automatic Sequence”.

Das Programm steuert den Bohrvorgang gemäß der eingebenen Schrittweite. Nach jedem Bohrschritt stoppt die Turbine um mit einer zeitverzögerung von (Defaultwert: 3 Sekunden) die Meßwerte einzulesen. Diese Wartezeit kann im entsprechen Menü geändert werden.

Important Note about AUTOMATIC SEQUENCE

- Nach dem letzten Schritt müssen durch Anklicken von “Hole Data” (Bild 3.16) die Dimensionen X1, X2, Y1 und Y2 (Bild 3.16) übernommen werden. Sie werden benötigt, um den
  - ♦ mittleren Lochradius
  - ♦ Exzentrizitätsradius
  - ♦ Exzentrizitätswinkel zu bestimmen

  In einem späteren Stadium besteht die Möglichkeit, diese Daten zu ändern.
- Das Motorkontrollfeld (Bild 3.17) hat nur einen “Emergency Stop” (“Not-Aus”)-Knopf. Wird dieser betätigt, so wird der Bohrvorgang unterbrochen und es erscheint das Test Manger-Fenster. Aus dem “Start Test”-Knopf wird “Resume Sequence”. Durch Anklicken von “Resume Sequence” kann der Benutzer den Testablauf fortsetzen.
- Selbst bei laufendem Meßvorgang kann das Bohrprofil geändert werden und zwar durch Umschalten auf Step-by-Step Sequence und anschließendes Anklicken von “Modify Profile”. Auf dem dann erscheinenden Fenster kann die Anzahl der ursprünglich angegebenen Schritte nach oben bzw. Unten korrigiert werden.
- Während der Test läuft, ist es möglich, das manuelle in Position bringenverfahren irgendein, bevor die automatische Reihenfolge Belastung liest, oder während der Bohrung einzutragen.

Ebenso ist es möglich, durch Anklicken von “Endmill Positioning” (Bild 3.17 zur manuellen Positionierung zu springen und zwar entweder bevor die Dehnungswerte eingelesen werden oder während des Bohrens.

Im ersteren Fall geschieht dies durch Umschalten auf Step-by-Step Sequence und anschlißendes Anklicken von “Endmill Positioning” (Bild 3.17). Im letzteren Fall gelangt man durch Anwählen von “Emergency Stop” (Bild 3.15) zum Test Manager menü zurück. Mit “Resume Sequence” wird die Messung wieder aufgenommen Beim Verlassen des Positionerungsmenüs wird der Fräser automatisch wieder in die ursprüngliche Position gebracht (d.h. in die Tiefe, in der er sich vor der Unterbrechung befandt.

- Durch Umschalten auf Step-by-Step Sequence und anschließendes Anklicken von “Modify Instr. Setting” (Bild 3.17) kann der Benutzer im laufenden Test die Verstärkereinstellungen ändern, mit Ausnahme der Tarierung (der entsprechende Schalter ist grau markiert und reagiert nicht auf Betätigung).

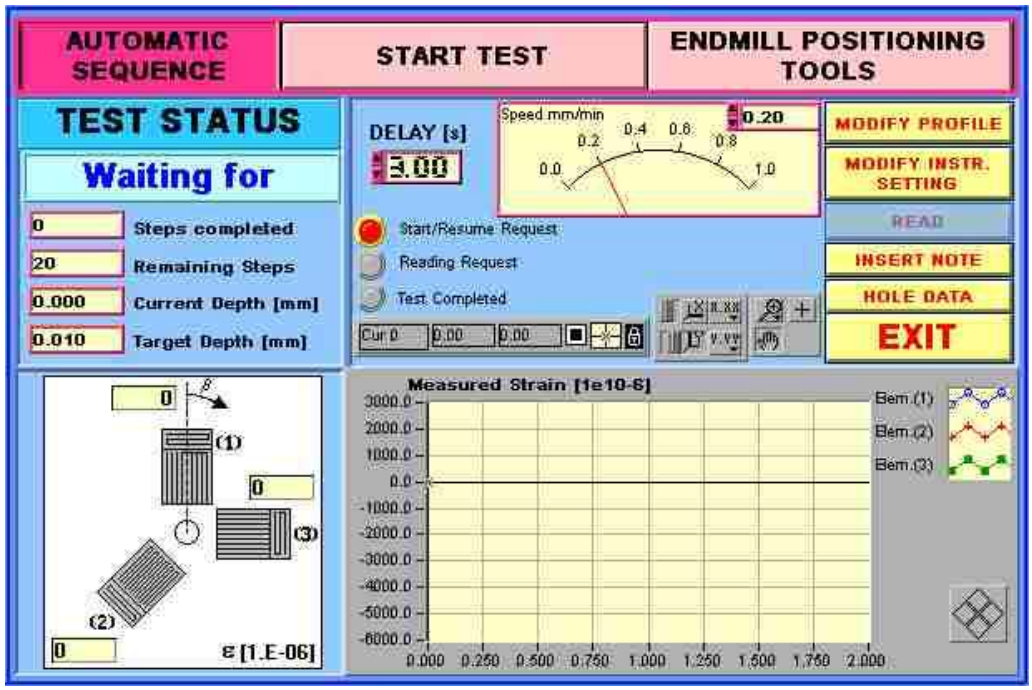


Bild 3.17 – Test manager – Mmenüfeld, wenn automatische Abfolge gewählt wird (Merke, daß “Read” Taste nicht aktiviert und grau hinterLegt ist)

- Nach Beendigung der Messung ist es möglich, mit “Insert Note” eine Notiz im Datenfile zu machen. Sie darf aus höchstens 50 Zeichen bestehen.
- Wird vor Beendigung der Messung “Exit” (Bild 3.19) gedrückt, so erscheint die Meldung, daß die Messung noch nicht beendet sei und es wird eine Bestätigung des Befehls verlangt. Es erscheint:

Test not completed Do you really want to exit ?

Beantworten Sie diese Frage mit “ja”, so wird das entsprechende Datenfile als abgebrochen markiert (Test Status = off) und kann so über den entsprechenden Befehl im Hauptmenü erneut geladen werden.

3.6. Wiederaufnahme einer unterbrochenen Messung (Restore Interrupted Test)

Diese Funktion (Bild 3.1) lädt die Daten des letzten abgebrochenen Bohrvorganges, so daß dieser nun zu Ende geführt werden kann. Zur Sicherheit wird vor Ausführen der Funktion eine Bestätigung verlangt. Es erscheint die Warnung, daß alle aktuellen Daten gelöscht werden, wenn der letzte unterbrochene Bohrvorgang wiederaufgenommen wird:

WARNING!!

RESTORING THE LAST INTERRUPTED TEST

ALL CURRENT DATA IN MEMORY WILL BE LOST.

Nach Bestätigung mit o.k. öffnet sich ein Fenster, aus der mit “Load Datafile” der wiederaufzunehmende Test gewählt werden muss. Anschließend fragt das Programm, ob der Verstärker tariert werden soll. Im Gegensatz zu dem Fall, daß eine neue Messung gestartet wird, ist dies nicht unbedingt erforderlich. Das hierzu auf dem Bildschirm erscheinde Fenster kann mit o.k. verlassen werden. Duch anklicken von “Start Test” wird die Messung erneut aufgenommen.

Der abgebrochene Vorgang läßt sich nur unter der Bedingung wieder aufnehmen, daß sich der Fräser in derselben Position befindet wie bei Abbruch der Messung. Ist dies gegeben, so initialisiert das Programm, nach Anklicken von “Restore Interrupted Test”, automatisch die Test Manager Prozedur (Lesen der letzten aktuellen Tiefe vom Positionsfile) und wartet im Status “Waiting for Drilling”. Sollten Sie versuchen, einen anderen als den letzten Bohrvorgang zu reaktivieren, so erscheint die folgende Meldung:

WARNING!!

Data File does not correspond

to the position file.

4. TESTAUSFÜHRUNG

Die Messung besteht aus folgenden Schritten:

- Installation und Verschaltung des Dehnungsmessstreifens
- Vorbereiten des Gerätes, d.h. Kalibrierung, Positionierung etc.
- Bohren des Loches
- Eigentliche Messung
- Berechnung

4.1. Sicherheitsvorkehrungen

Der gesamte Test sollte von einer Person durchgführt werden. Falls die Bohrvorrichtung auf einer nicht horizontalen Oberfläche angebracht werden soll, wird eine zweite Person zur Positionierung benötigt.

Während der verschiedenen Testphasen ist der Arbeitsplatz des Benutzers:

- Am PC und an der Elektronik während der Vorbereitungsphase des Bohrvorganges sowie der Berechnung. Da das Bohren und die DMS-Messung komplett automatisiert sind, ist die Anwesenheit einer Person an der Bohrvorrichtung nicht erforderlich
- An der Bohrvorrichtung während der Positionierung des Gerätes und der Messung des Durchmessers und der Exzentrizität des Bohrloches.

Hinweis: Während des Bohrens und der Reinigung des Loches ist eine Schutzbrille zu tragen, wenn sich der Benutzer in der Nähe der Bohrvorrichtung aufhält.

Hinweis: Es ist weder notwendig noch erlaubt die elektronische Einheit zu öffnen. Falls dies doch einmal notwendig sein sollte, vergewissern Sie sich vor dem Öffnen, daß der Netzstecker gezogen ist. Aus Sicherheitsgründen sind nur Kabel mit Erdung zu verwenden.

- Das System ist für Versorgungsspannung von 187 bis 253 V ausgelegt. Werden diese Werte mißachtet, so kann das System Schaden nehmen.
- Vor dem Auswechseln der Sicherugn Netzstecker zeihen.
- Die Ausrüstung ist vor Feuchtigkeit zu schützen, insbesondere bei Messungen im Freien. Das Gehäuse der Elektronik darf nur mit einem feuchten Tuch, nicht mit Wasser oder Chemikalien gereinigt werden.

4.2. Anschlüsse

Folgende Verbindungen sind herzustellen (Bild 1.1):

- Anschluss der elektronsichen Kontrolleinheit an die Druckluft
- Verkabelung zwischen Elektronik und Computer
- Verbindung zwischen Bohreinrichtung und Elektronik (elektrische Verbindung und Druckluft)
- Anschluss der DMS-Verstärker an den PC über eine Schnittstelle (Bild 1.1) bei Verwendung von HBM Verstärker mit digitalem Ausgang (MGC, DCM Plus, UPM 60, UPM 100,…) an die SINT Elektronik falls rein analoge Verstärker verwendet werden
- Verkabelung zwischen DMS und Verstäker
- Anschluß des Kontaktkabels

Der Anschluss der Turbine an die Druckluft erfolgt über einen flexiblen Schlauch mit Schnellverschlusskupplung. Das System verfügt über ein magnetisches Verschlussventil und einen Druckminderer mit Filter zur Regulierung des Druckes. Das Magnetventil befindet sich im Gehäuse der Elektronik und wird von der Software gesteuert.

Hinweis: Die Druckluft, die die Turbine speist, muss über den Druckminderer geschaltet sein. Der Druckminderer ist auf einen Druck zwischen 4 und 5 bar einzustellen

Die Verbindung der Elektronik zum PC erfolgt über ein Kabel, die zur Bohrvorrichtung über den flexiblen Druckluftschlauch und das Schrittmotorkabel. Das Kontaktkabel stellt eine Verbindung zwischen Testobjekt und der Kontrolleinheit, sowie zwischen Bohrmaschine und Kontrolleinheit her. Analoge DMS-Verstärker werden über BNC-Kabel, digitale über die serielle Schnittstelle des Rechners angeschlossen (z.B. RS 232).

Die Verkabelung zwischen DMS und Verstärker erfolgt gemäß den Angaben des Herstellers. Nachdem alle Verbindungen hergestellt sind, kann nun der Computer eingeschaltet und das Messprogramm “SINT_RSM” gestartet werden. Dieses

Programm befindet sich auf dem Directory “SINT” auf der Festplatte C und kann aus dem Windows Ordner “Residual Stress Measurement” gestartet werden. Außerdem können Sie das Programm unter START/PROGRAMME/Residual Stress Measurement starten.

4.3. Kalibrierung

Kalibrierung bedeutet hier, das Fadenkreuz im Okular des Mikroskops exakt mit der Bohrachse in Übereinstimmung zu bringen. Diese Feinjustierung des mechanischen Systems muß nur in folgenden Fällen vorgenommen werden:

- Vor der ersten Benutzung
- Nach Auswechseln der Turbine
- Wenn ein begründeter Verdacht besteht, daß die Übereinstimmung zwischen optischer Achse und Borhachse ungenügend ist (z.B. wenn die Exzentrizität größer ist als der Wert, den ASTM E 837 vorschreibt).

Folgende Schritte sind auszuführen:

1. Einsetzen des mitgelieferten Fräsers (scharfe Spitze, Nr. 3 im Bild 4.1), laut Anweisung in Kapitel 4.6.

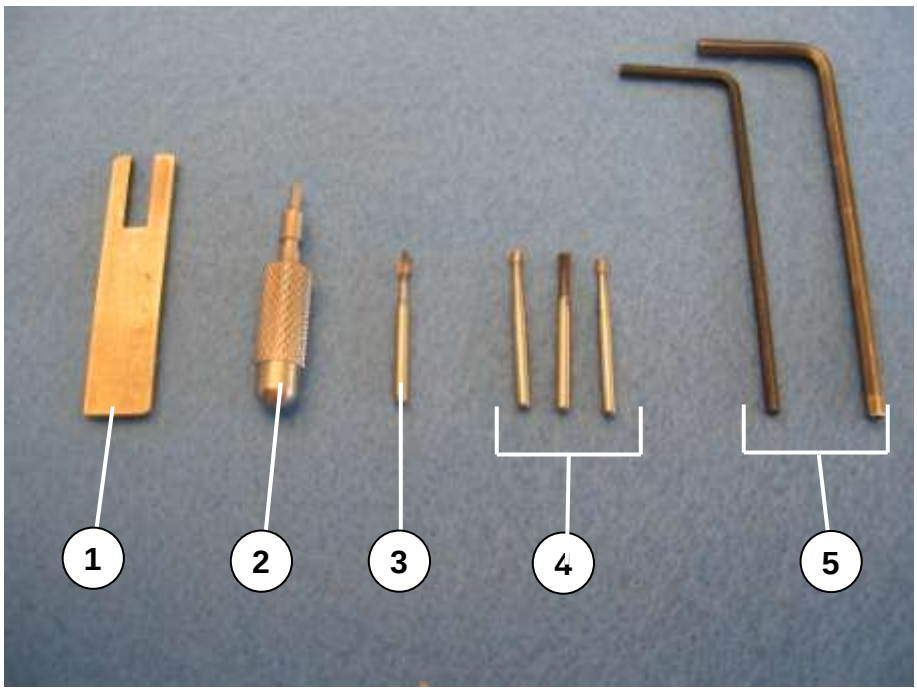


Bild 4.1

2. Bohrvorrichtung auf eine Metallplatte setzen. Ausrichten der Einheit mittels der verstellbaren Füße, so daß der Bohrkopf senkrecht zur Oberfläche steht (zur Überprüfung ist ein Haarwinkel beigelegt (Nr. 1, Bild 4.2)). Dann die

Spannringe an den Kugelgelenken der Füße sowie an den Gewindestangen anziehen (Nr. 2, Bild 4.2).

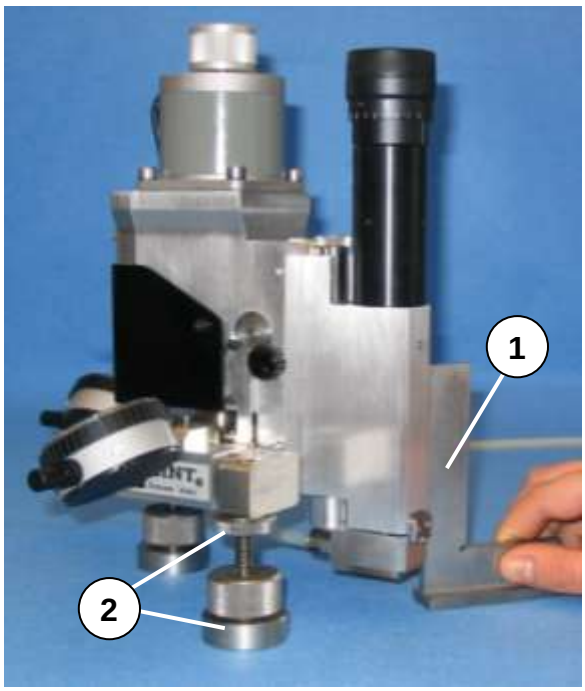


Bild 4.2

3. Durch Betätigen des Vertikal-Schnellvorschub-Knopfes (Nr. 9, Bild 1.2b) den Fräser so nahe wie möglich an die Oberfläche bringen ohne diese jedoch zu berühren.

4. Vorschub arretieren (Nr. 16, Bild 1.2a).

5. Turbine starten. Dies geschieht mit dem entsprechenden Schalter im Positionierungsmenü “Positioning Control Panel” (siehe Kapitel 3.1 und Bild 3.2).

6. Mithilfe des “Positioning Control Panel” (siehe Kapitel 3.1, Bild 3.2) bzw. des Feinvorschubknopfes an der Bohrvorrichtung (Nr. 2, Bild 1.2a) durch leichtes Anbohren der Oberfläche eine Markierung setzen. Dabei muß mit einer niedrigen Vorschubgeschindigkeit gearbeitet werden (ca. 0,2 mm/min). Da das Mikroskop über eine 20 fache Vergrößerung verfügt, reichte es aus, mit sehr wenig Vorschub zu markieren.

Bild 4.3a

7. Turbine abschalten (Positioning Control Panel – Bild 3.12). Den Schlitten mit dem Schnellvorschubknopf (Bild 3.2) anheben und mit dem Knopf feststellen (Nr. 16, Bild 1.2). Den Turbinenrevolver um 45° aus dem Sichtfeld des Mikroskopes drehen (Handgriff herunterdrücken und drehen (siehe A bis C Bild 4.3).

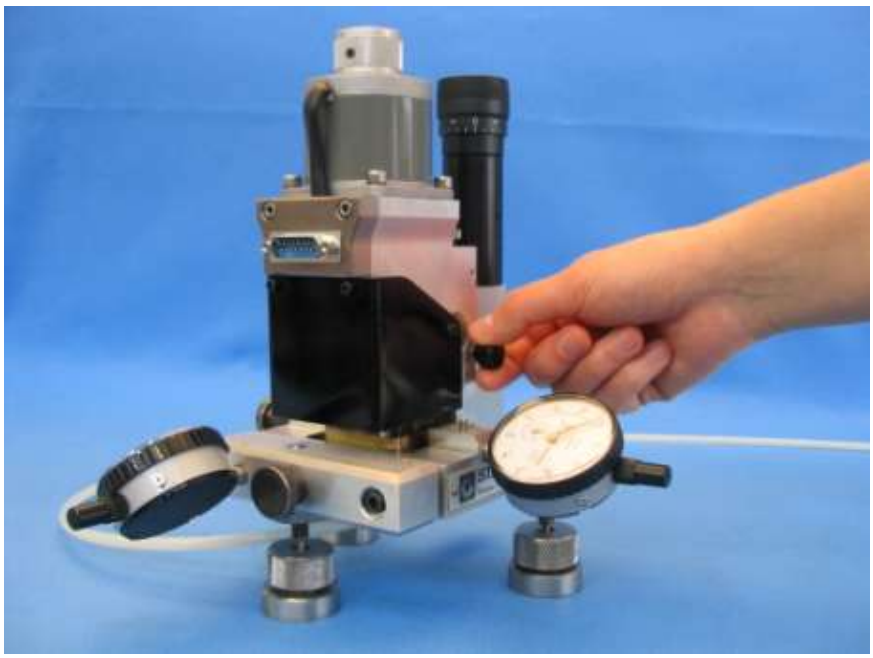


Bild 4.3b

Hinweis: Stellen Sie sicher, daß vertikale Bewegung tadellos verschlossen ist. Andernfalls würde das Betätigen des Drehknopfes, um den Turbinerevolver zu drehen die Turbine abwärts, mit der möglichen Gefahr des Beschädigens sie betätigen.

8. Vertikalen Vorschub wieder lösen und dann das Mikroskop auf die Markierung des Werkstückes fokussieren. Dies geschieht durch Anheben oder Senken des Mikroskopes (Zahnstangentrieb – Bild 4.3 d). Den Skalenring am Okular solange drehen bis auch das Fadenkreuz scharf erscheint.

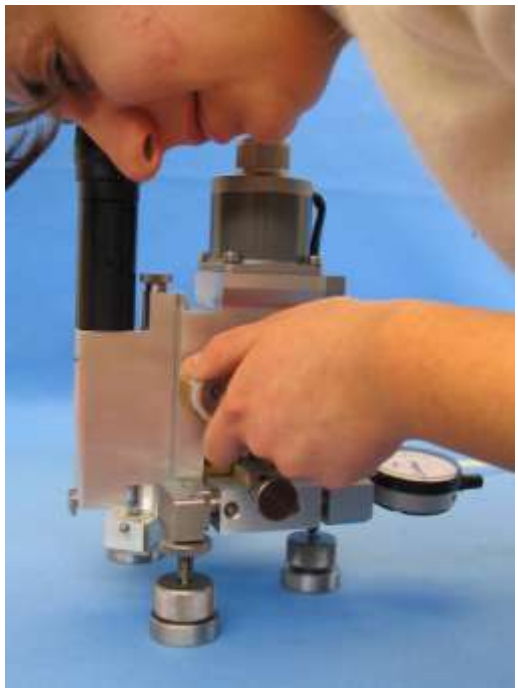


Bild 4.3c

9. Den Vorschub arretieren.

10. Sicherungsstift (Nr. 24, Bild fig. 1.2a) mit dem 1,5 mm Inbusschlüssel (Nr. 5, Bild 5.1) lösen, dann durch Drehen des Mikroskopes das Fadenkreuz mit X- und Y-Achse der Apparatur zur Deckung bringen (Das Fadenkreuz muß exakt parallel zu den verschiebbaren Achsen der Vorrichtung ausgerichtet sein). Dabei sicherstellen, daß sich die Markierung auf dem Werkstück bei Betrachtung durch das Mikroskop parallel zur Vorschubachse bewegt. Nun den Sicherungsstift wieder festziehen.

11. Über die vier Einstellschrauben (Nr. 21, Bild 1.2a) wird nun das Fadenkreuz genau auf den Mittelpunkt der aufgebrachten Markierung zentriert. Die vier Schrauben schrittweise nacheinander anziehen

12. Die Zenrierung nochmals überprüfen und ggf. die Schritte 9 und 10 wiederholen.

Die Bohrvorrichtung ist nun einsatzbereit.

4.4. Installation und Anschließen der DMS-Rosette

Das Kleben der DMS, die entspechende Verkabelung und die Verstärkereinstellungen erfolgen gemäß den Herstellerangaben.

Diese Arbeiten sollten nur von geschultem Personal durchgeführt werden, da sie Voraussetzung für hochwertige Messungen sind.

4.5. Einstellen der Messparameter

Zunächst muß das Programm “Testmanager” aus Windows gestartet werden. Es erscheint ein Hauptmenü, aus dem der Punkt “Test Setup” auszuwählen (siehe Kapitel 3.1) ist. Die nun angezeigte Oberfläche dient dazu, die notwendigen Daten und Parameter für den durchzuführenden Versuch einzugeben.

- Anzahl und Verteilung der Bohrschritte (Step Setting – siehe Kapitel 3.2.1 und 3.2.2)
- Auswahl des verwendeten DMS (Strain Gage Setting – Kapitel 3.1.3)
- Eingabe der Materialcharakteristika (Material-Type – Kapitel 3.2.4)
- Einstellen der Messgeräte (Instrument Setting – Kapitel 3.1.5)
- Eingabe allgemeiner Bemerkungen zum Versuch (General Data Setting – Kapitel 3.2.6)

4.5.1 Empfindlichkeit der DMS-Verstärker einstellen (nur bei der Verwendung analoger Verstärker notwendig)

Die verwendet I/O-Karte verlangt ein Eingangssignal im Bereich von +/- 10 Volt. DMS-Verstärker geben bei Vollaussteuerung i. A. ein Ausgangssignal von +/- 10 Volt. Deshalb ist es ratsam, die Verstärkerempfindlichkeit so zu wählen, daß der zulässige Eingangsbereich der Karte nicht überschritten wird.

Zur Verdeutlichung hier ein Beispiel; angenommen der Verstärker ist folgendermaßen eingestellt:

- Schaltungsart: Halbbrücke
- Speisespannung für die DMS-Brücke: 5 Volt
- Eingangsempfindlichkeit: 1 mV/V
- Digitaler Anzeigebereich: 2000 Digit

Beim Betätigen des Kalibrierschalters zeigt das Display 2000 an (korrekte Kalibrierung vorausgesetzt) und die Ausgangsspannung beträgt 10 Volt. Bei dieser Einstellung erscheint der Anzeigewert direkt in µm/m wenn der k-Faktor der DMS genau 2 beträgt; tatsächlich ergibt sich für die Halbbrücke:

$$\varepsilon = (4/n*k)*\Delta V/V$$

wo n=number der aktiven Elemente (in unserem case=1) und Faktor K=gage des Dehnungsmeßgerätes (wir haben daß k=2 angenommen),

folglich da das Kalibrierungssignal 1 mV/V ist

$$\varepsilon = 2*0.001\ V/V = 0.002*10^6 = 2000\ \mu m/m$$

Folglich entspicht ein Ausgangssignal von 5V einer Dehnung von 1000 µm/m.

Setzen wir die Empfindlichkeit auf 0,5 mV/V, so entsprechen 5V Ausgangssignal einer Dehnung von 500 µm/m usw. Zur Wahl eines geeigneten Meßbereiches sollte die Größe des Dehungssignals abgeschätzt werden. Der gewählte Meßbereich bleibt für die gesamte Dauer der Messung unverändert.

Die Genauigkeit des A/D-Wandlers läßt eine Auflösung von 1 µm/m zu.

Hinweis: Die Computereinschubkarte ist gegen Überspannungen bis zu ± 45 V geschützt, so daß bei Überschreitung des zulässigen Eingangssignalbereiches von ± 5 V keine Gefahr für die Karte besteht.

Die verwendete I/O karte wird durch eine Eingangsstrecke +/- 10 Volt gekennzeichnet, während die Dehnungsmeßgerät-Signalverstärker ein maximales Ausgangssignal von +/- 10 Volt versorgen können. Aus diesem Grund ist es ratsam, die Empfindlichkeit des Instrumentes einzustellen, damit sie nicht die Eingangsstrecke der Karte übersteigt.

4.6. Einsetzen bzw. Austauschen des Fräsers

WARNING:

Der Fräser darf nur bei ausgeschalteter Turbine gewechselt werden. Gegebenenfalls muß der Testlauf unterbrochen werden. Die Turbine darf auf keinen Fall gestartet werden während der Austausch durchgeführt wird.

Hinweis: Der Fräser sollte nach jedem gebohrten Loch gewechselt werden. Dieser Arbeitsschritt sollte durchgeführt werden, bevor das Gerät neu positioniert wird.

Der Austausch des Fräsers geschieht folgendermaßen:

1. Ausschwenken des Bohrarmes (Bild 4.4a); dabei darauf achten, daß der vertikale Kopf der Bohrmaschine (Turbine und Mikroskop) mittels des Arretierknopfes gegen Bewegung gesichert ist.

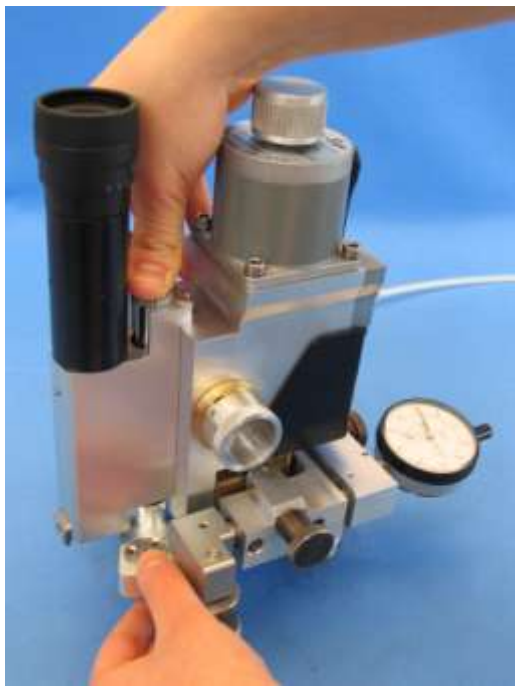


Bild 4.4a

2. Die Sicherheitsschraube, die sich oben auf dem Schwenkarm befindet, lösen und entfernen, um an die Rückseite der Turbine zu gelangen (Bild 4.4b)

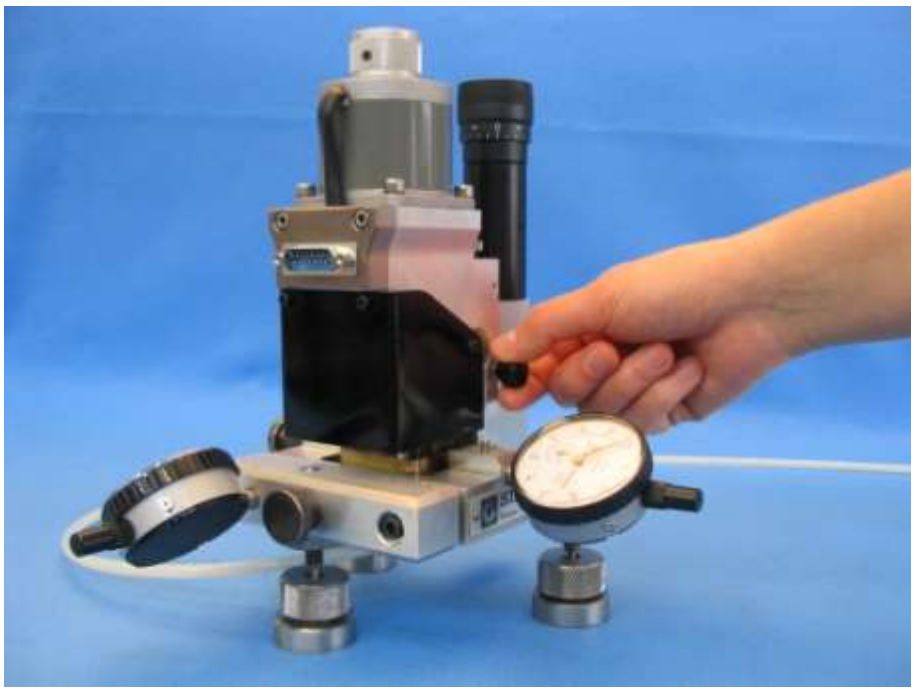


Bild 4.4b

3. Die Spindel mit dem mitgelierferten Gabelschlüssel (Bild 4.4c) festhalten, und das Bohrfutter auf dem Rückteil der Turbine mit dem 1/20” Inbusschlüssel vorsichtig lösen (Bild 4.4c). Jetzt kann der gebrauchte Fräser entnommen werden.

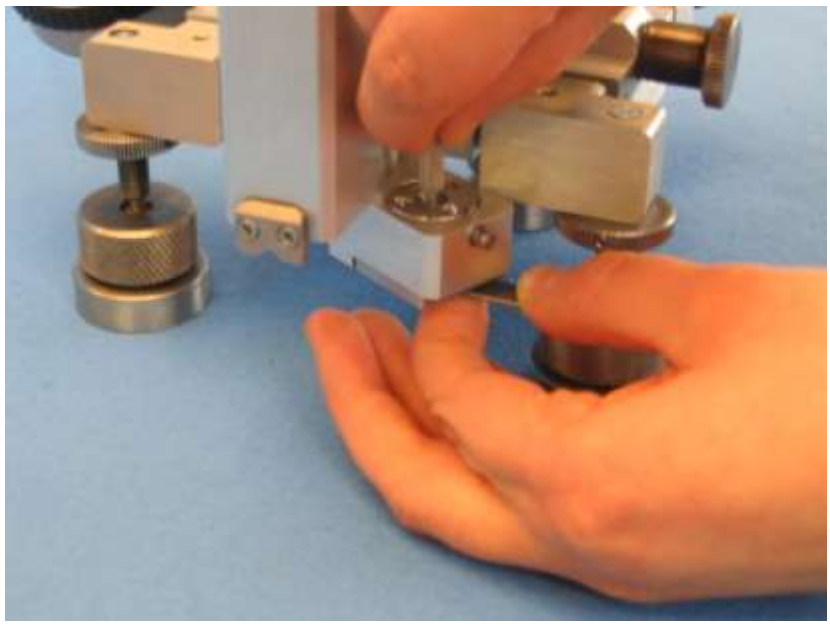


Bild 4.4c

4. Den neuen Fräser von Hand einsetzen und so weit wie möglich hineindrücken (Bild 4.4d).

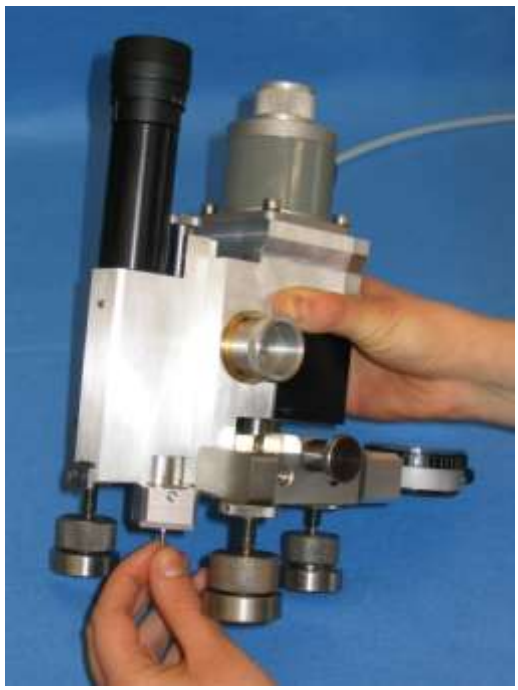


Bild 4.4d

5. Die Spindel mit dem Gabelschlüssel festhalten, das Bohrfutter an der Spindel von der Rückseite der Turbine wieder anziehen.
6. Sicherungsschraube wieder einsetzen.
7. Bohrarm wieder zurück in Ausgangsposition schwenken.

Im allgemeinen werden zur Eigenspannungsanalyse Schaftfräser benutzt, genauer gesagt invers konische Flachkopfschaftfräser, hier vereinfacht als Fräser bezeichnet. Mit der Vorrichtung können, durch Verwendung unterschielicher Fräser, Löcher verschiedenen Durchmessers gebohrt werden.

4.7. Poitionierung der Bohrvorrichtung

Achtung:
Die Positionierung darf nur bei ausgeschalteter Turbine und nicht laufendem System vorgenommen werden. Die Turbine darf auf keinen Fall gestartet werden.

Positionierung bedeutet im einzelnen:

- Sichern der Bohrvorrichtung (falls notwendig, je nach Position)
- Bestimmung der optimalen Position in Bezug auf die DMS-Rosette
- Fixieren der Vorrichtung in dieser Position

HINWEIS: Die Positionierung muß so ausgeführt werden, daß die Bohrvorrichtung weder während des Positionierens noch hinterher herunterfallen kann. Gegebenenfalls muß sie mit einem Seil oder ähnliches gesichert werden.

Die Borhvorrichtung steht auf drei Magnetfüßen aus rostfreiem Stahl. Dies vereinfacht die Positionierung auf ebenen Oberflächen. Über Kugelgelenke sind die Füße um ihre eigene Achse drehbar, um sich auch an unebene Flächen anzupassen. In diesem Fall wie auch bei Arbeiten an nicht magnetischen Werkstoffen, müssen die Füße jedoch zusätzlich mit einem schnellhärtenden Kunstharz gegen Verdrehen geischert werden. Dies empfihelt sich auch bei ebenen Oberflächen. Für diesen Zweck eignet sich X60 von HBM hervorragend

Vorgehensweise bei der Positionierung:

1. X- und Y-Schlitten werden in Mittelposition gebracht
2. Bohrvorrichtung an die Stelle setzen, an der die Bohrung erfolgen soll und die 3 Gewindestangen (Nr. 2, Bild 4.2) so anpassen, daß der Fräser ungefähr senkrecht zur Oberfläche des Werkstückes steht.
3. Mit Hilfe des “L”-Winkels (Nr. 1, Bild 4.2) den Fräser exakt senkrecht zur Bohrebene ausrichten .
4. Sicherstellen, daß alle Sicherungsmuttern fest angezogen sind (Nr. 2, Bild 4.2)
5. Mit Hilfe des Mikroskops wird das Gerät so justiert, daß sich das Fadenkreuz im Mikroskop mit den Markierungen der DMS-Rosette möglichst exakt deckt. X- und Y-Schlitten sollten nach der Justage noch um den 1,5 fachen Bohrlochdurchmesser aus der Mitte verschiebbar sein.
6. Ist das Gerät auf das Zentrum der DMS-Rosette ausgerichtet und steht stabil auf den 3 Füßen, so werden die Füße mit einer kleinen Menge schnellhärtenden Klebstoffes (z.B. X60 von HBM) auf dem Werkstück fixiert.

Abwarten, bis der Klebstoff ausgehärtet ist (ca. 3-7 Minuten, wenn X60 verwendet wird)..

HINWEIS: Den Klebstoff nicht auf die Unterseite der Füße bringen, um eine Beschädigung der Magnete beim Lösen der Vorrichtung vom Werkstück zu vermeiden

HINWEIS: Eventuelle Hilfskonstruktionen zur Befestigung der Bohrvorrichtung müssen so gestaltet sein, daß die elektrische Isolation zwischen dem Werkstück und der Bohrvorrichtung erhalten bleibt, da sonst die automatische Nullpunktfindung nicht mehr funktioniert.

4.8. Zentrierung und Nullpunktjustierung der Messuhren

1. Senkrecht zur Fräserachse stehen, wird das Fadenkreuz im Mikroskop auf die DMS-Rosette zentriert. Dieser Schritt wird mittels der Drehknöpfe ausgeführt, die mit den Feingewinden der beweglichen Schlitten verbunden sind. Im Interesse einer exakten Messung ist es notwendig, diese Arbeit äußerst sorgfältig durchzuführen
2. Die Messuhren der X- und Y-Achse mit Hilfe der drehbaren Skalen auf Null setzen (Nr. 18, Bild 1.2b und 19, Bild 1.2a).

HINWEIS: Sollte das Gerät so positioniert sein, daß es nicht möglich ist, mittels der Feinjustage das Fadenkreuz des Mikroskops mit den Markierungen auf dem DMS in Deckung zu bringen, so muß das Gerät neu positioniert werden. Da das Bohrloch nach der Messung vermessen werden muß, ist es wichtig, das die Schlitten von der Mitte ausgehend in alle 4 Koordinatenrichtungen mindestens um den 1,5-fachen Radius des Bohrloches verschoben werden können. Sollte dies nicht möglich sein, so ist das Gerät auch dann neu zu positionieren.

4.9. Nullabgleich der DMS, Messwerte vor dem Bohrvorgang auslesen

Hierzu aus dem Hauptmenü den Punkt “Test Setup” wählen, danach “Instrument Setup” anklicken. Es erscheint das Anzeigenfeld, aus dem der benutzte Verstärker durch Mausklick auf das entsprechende Foto auszuwählen ist.

Hiernach mit der Maus auf dem Bildschirm die Option “Instrument setting” (Bild 3.5) wählen, wonach eine neue Oberfläche erscheint.

Auf dieser Oberfläche wird der Nullpunkt der DMS-Kanäle überprüft und zwar unter dem Menüpunkt “Single Read”. Weichen die Werte von Null ab, so muß ein Nullabgleich der Verstärkereinheit durchgeführt werden. Durch Drücken der Taste “Tare Balance” ist es möglich, eine Nullsignalmessung durchzuführen und die gemessenen Werte als Offset zu speichern. Die Nullsignalmessung kann mehrfach wiederholt werden.

Weiterhin können die Parameter des Verstärkers in dieser Oberfläche geändert bzw. eingestellt werden, z.B. gewählter Verstärkereinschub, Schnittstelleneinstellung, Speisespannung usw.

Vor dem eigentlichen Bohrvorgang verlangt das Programm (Test Manger, Bild 3.16) vom Benutzer eine Bestätigung eines erneuten Nullabgleiches (durch erneutes Drücken von “Tare Balance”). Es ist nicht möglich, den Messvorgang ohne diesen Arbeitsschritt zu starten.

4.10. Automatische Nullpunktpositionierung des Fräsers auf der Werkstoffoberfläche

Vor dem Bohren des Loches ist es notwendig, den Fräser in Nullposition zu bringen. Diese ist definiert als der Punkt, an dem das Werkzeug gerade Kontakt zum Metall (genauer gesagt zur Werkstoffoberfläche) hat.

Es wurde ein System konzipiert, das den Fräser exakt auf diese Nullposition bringt. Dabei werden Rosette und Klebstoff durchbohrt. Realisiert ist dies durch Messung des elektrischen Wiederstandes zwischen der Metalloberfläche und dem Fräser. Möglich ist das durch die elektrische Isolation der drei Standfüße der Bohrvorrichtung.

Die Schritte werden folgendermaßen ausgeführt:

1. Anschluß des enstprechenden Kabels: der BNC-Stecker an Input 1 (contact) auf der Rückseite des Elektronikgehäuses (Nr. 2, Bild 1.5); Hiernach einen der beiden Kontakte mit dem Werkstück, den anderen mit der Bohrvorrichtung in Verbindung bringen (Bild 4.5).

2. Mit dem manuellen Schnellvorschub den Fräser möglichst nahe an die Oberfläche bringen ohne diese jedoch zu berühren. Den vertikalen Kopf in dieser Position fixieren.

3. Aus dem Hauptmenü den Punkt “Positioning Control” (siehe Kapitel 3.1, Bild 3.2) wählen. “Positioning Endmill on Surface” auswählen, um die automatische Prozedur zur Nullpunktfindung zu starten.

Bild 4.5

4. Wenn der Fräser die Oberfläche berührt, stoppt der Vorschub und es erscheint “Warning! Current position is assumed as referece for the hole depth” (Achtung! Momentane Position wird als Nullpunkt für die Bohrtiefe angenommen) auf dem Bildschirm. Bestätigen Sie mit o.k., wenn Sie den gefundenen Nullpunkt akzeptieren. Mit “Exit” können sie diese Funktion verlassen (Bild 3.12).

5. Vor dem Start der eigentlichen Messung bitte den Kontakt an der Bohrmaschine und dem Werkstück lösen.

HINWEIS: Die Bestimmung dieser Nullpunktposition ist von entscheidender Bedeutung für die korrekte Ausführung der Bohrschritte und in der abschließenden Berechnung, für die korrekte Berechnung der Eigenspannungen. Da man sich hierfür die Eigenschaft zunutze macht, daß das Gerät über die Füße elektrisch isoliert ist, verhindert jede Maßnahme, die diese Isolation verringert die korrekte Nullpunktfindung und somit die korrekte Ausführung der Messung.

Nun beginnt der eigentliche Bohrvorgang.

Achtung:

Vor der beginnenden Bohrung entfernen Sie das Kabel vom Rückwandblech der elektronischen Vorrichtung.

4.11. Einbringen der Bohrung

Achtung:

Während des Bohrens ist eine Schutzbrille (nicht im Lieferumfang enthalten) zu tragen, um Verletzungen durch Späne zu vermeiden.

Aus dem Menü des Hauptprogrammes “Residual Stress Measuring System” (siehe Kapitel 3 und Kapitel 3.4 und Bild 3.1) “Test Manager” auswählen.

Es erscheint ein Bedienfeld über das sowohl die Funktionen der Bohrvorrichtung als auch die Datenaufnahme gesteuert werden.

Die Messung kann auf zwei verschiedene Arten ausgeführt werden.

- Nach Beendigung eines Bohrschrittes wird das Einlesen der Dehnungen und der Beginn des nächsten Bohrschrittes manuell gesteuert (Step-by-Step-Sequence, siehe Kapitel 3.4.1 und Bild 3.15)
- Der komplette Test wird automatisch durchgeführt (Automatic Sequence, siehe Kapitel 3.4.1 und Bild 3.16)

4.11.1 *Schrittweiser Testablauf*

1. “Step-by-Step Sequence” anwählen und Vorschubgeschwindigkeit in mm/min eingeben. Für Metalle ist ein Vorschub von 0,1-0,2 mm/min empfehlenswert. Für andere Materialien empfiehlt es sich, im Vorfeld Testbohrungen ohne DMS durchzuführen.

HINWEIS: Der Bohrvorschub sollte einen Kompromissß darstellen zwischen der Notwendigkeit, die Messzeit kurz zu halten und der Notwendikeit, Blockieren oder Fehlfunktion der Turbine zu verhindern, da dies die Bohrlochqualität negativ beeinflußt.

2. “Start Test” (Bild 3.14) anwählen. Zuerst verlangt das Programm, einen Nullabgleich durchzuführen, danach setzt es die Bohrvorrichtung in Betrieb, wobei die Turbine automatisch gestartet wird und der Schrittmotor den Vorschub des Fräsers vornimmt. In der Anzeige erscheint die Anzahl der

bereits vom Schrittmotor ausgeführten Schritte. Eine komplette Umdrehung, entsprechend einem Vorschub von 0,5 mm, entsprechen 400 Schritten

Die anderen Schaltflächen werden genauer im Kapitel 3.4.1 beschrieben.

3. Ist die eingestellte Bohrtiefe erreicht, so stoppt der Schrittmotor und die Turbine und es erscheint wieder die Oberfläche des Test Managers
4. “Read” anwählen (fig. 3.14), um DMS-Werte einzulesen. Die Werte können mehrmals eingelesen werden, z.B. um die Stabilität der Messung zu überprüfen, indem jeweils “Repeat Read” angeklickt wird Im Datenfile werden die zuletzt gemessenen Werte gespeichert. Angezeigt werden die zuletzt gemessenen DMS-Werte sowie die aktuelle Bohrlochtiefe
5. Die Schritte 2. bis 5. solange wiederholen, bis das Bohrloch die gewünschte Tiefe hat. Es ist nicht notwendig, den Bohrvorschub jedes Mal neu einzustellen (Schritt 1.), da der zuletzt eingestellte Wert gespeichert bleibt, solange er nicht vom Benutzer geändert wird. Die Tiefe der einzelnen Bohrschritte ist durch die Einstellungen im Test Setup definiert

4.11.2 *Automatischer Testablauf*

In diesem Fall werden alle oben beschriebenen Schritte automatisch durchgeführt.

1. Vorschubgeschwindigkeit in mm/min eingeben Für Metalle ist ein Vorschub von 0,1-0,12 mm/min empfehlenswert. Für andere Materialien empfiehlt es sich, im Vorfeld Testbohrungen ohne DMS durchzuführen

Hinweis: Der Bohrvorschub sollte einen Kompromiss darstellen zwischen der Notwendigkeit, die Messzeit kurz zu halten und der Notwendigkeit, Blockieren oder Fehlfunktion der Turbine zu verhindern, da dies die Bohrlochqualität negativ beeinflußt.

2. Automatischen Versuchsablauf auswählen durch Anklicken von “Step-by-Step Sequence” (oben links im Bildschirm), “Automatic Sequence” erscheint.
3. “Start Test” anwählen (Bild 3.17) Zunächst fordert das Programm auf, einen Nullabgleich für die DMS durchzuführen. Das Programm steuert den Bohrvorgang gemäß der eingegebenen Schrittweite. Nach jedem Bohrschritt stoppt die Turbine und mit einer Zeitverzögerung von 3 Sekunden werden die Messwerte eingelesen. Die Verzögerungszeit von 3 s ist voreingestellt und läßt sich beliebig vergrößern oder verkleinern.
4. Um den automatischen Testablauf abzuschalten, erneut “Automatic Sequence” anklicken.
5. Wenn alle Bohrschritte un die dazugehörigen Messungen abgearbeitet worden sind, erscheint auf dem Bildschirm der Hinweis “Test completed”.

4.12. Messung des Bohrlochdurchmessers und der Exzentrizität

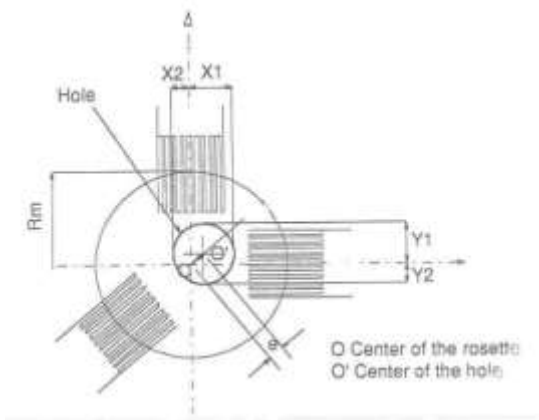
Diese Messungen erfolgen nach Beendigung des Bohrvorganges mit folgender Vorgehensweise:

1. Nach Abschalten der Turbine den Vertikalkopf durch Betätigen des Schnellvorschubkopfes anheben.
2. Um das Bohrloch durch das Mikroskop betrachten zu können, wird die Turbine mit Halterung um 45 Grad ausgeschwenkt; dabei darauf achten, daß der Vertikalschlitten gegen Bewegung gesichert ist.
3. Falls notwendig werden das Loch und die angrenzenden Bereiche mit einer kleinen harten Bürste gereinigt.

HINWEIS: Auch bei dieser Arbeit ist eine Schutzbrille zu tragen (nicht im Lieferumfang enthalten), zum Schutz vor Verletzungen durch Späne.

4. Nun werden die Werte X1, X2 sowie Y1, Y2 für die Radien des Loches in den 4 Achsrichtungen des Koordinatensystems gemessen. Dazu wird der X-Schlitten einmal nach links und nach rechts gefahren und zwar von der Position, an der sich die Markierungen auf dem DMS mit dem Fadenkreuz decken bis zu der Stelle, an der die jeweilige Achse des Fadenkreuzes am Lochrand anliegt. Die Wege werden mittels der Messuhren gemessen und im “Test Manager”-Menü unter “Hole Data” eingegeben (siehe Kapitel 3.4.1, Kapitel 3.4.2 und Bild 3.16). Es ist möglich, die Werte innerhalb des Auswerteprogramms einzugeben bzw. zu korrigieren. Ein etwa am Bohrlochrand haftender Span kann diese Messung verfälschen, da dann die Achsen nicht exakt auf den Bohrlochrand positioniert werden können. Deshalb ist es äußerst wichtig, das Loch sorgfältig zu reinigen, und alle anhaftenden Späne zu entfernen. Dabei muß keine Rücksicht auf die DMS-Rosette genommen werden, da sie, sobald die Bohrung beendet ist, nicht mehr gebraucht wird.

Bitte beachten Sie Bild 4.6. Dieses Bild erklärt, wie die Bezeichnungen X1, X2, Y1, Y2 zu verstehen sind. Dabei ist die Rosette im realen Bild gezeigt. Bild 4.7 zeigt die Ansicht beim Blick durch das Mikroskop



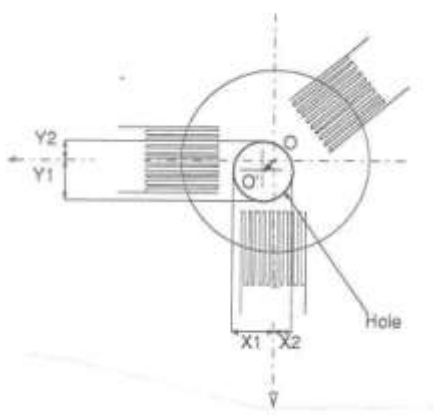


Bild 4.6 Bild 4.7

4.13. Berechnung der Eigenspannungen

1. Hierzu muß zunächst das Steuer- und Datenerfassungsprogramm mit Exit verlassen werden, und aus der Windows-Oberfläche das Programm “Eval_RSM” gestartet werden.
2. “Load Data” anwählen (Fig. 4.1). Es erscheint eine neue Oberfläche. Hier erneut “Load Data” anklicken, und dann mit der Maus den gewünschten Datensatz auswählen. Das Feld mit o.k. und Exit verlassen.
3. Auswahl der Berechnungsmethode für die Eigenspannungen. Dazu auf den Button “Interpolation” klicken. Zur Auswahl stehen
    - Standard ASTM E 837
    - Integral Methode
    - Power Series Methode
    - Kockelmann Methode

Die Grundprinzipien der Eigenspannungsmessung werden im Kapitel 5 erläutert. Die wichtigsten Referenztexte für die verwendeten Berechnungsmethoden sind im Literaturnachweis angegeben.

4.14. Abmontieren der Bohrvorrichtung

Mittels eines geeigneten Werkzeuges den Klebstoff lösen, mit dem das Gerät fixiert wurde. Nun ist es möglich das eventuell montierte Sicherungsseil zu lösen und die Apparatur an anderer Stelle zu positionieren.

Achtung:

Wenn er einen Kleber entfernt, muß der Operator die schützenden Schutzbrillen bedeuten (geliefert nicht mit einem System) um Verletzung von den Fliegenspänen zu vermeiden.

5. METHODEN ZUR ERMITTLUNG DER EIGENSPANNUNGEN

Für die Ermittlung der Eigenspannungsverteilung aus den zuvor mit dem SINT-System gemessenen Werten steht das Programm “Eval_RSM.EXE” zur Verfügung. Die Ermittlung der Eigenspannungen des untersuchten Werkstückes und deren Tiefenverteilung erfolgt wahlweise durch eines der folgenden Verfahren:

- ♦ ASTM E 837-01
- ♦ INTEGRAL
- ♦ KOCKELMANN
- ♦ POWER SERIES

Die Software wurde unter LabVIEW entwickelt und arbeitet in einer Windows-Umgebung.

Aus den gemessenen Dehnungen werden zunächst druch Interpolation Grafen entwickelt, die die Dehnungen in Abhängigkeit von der Bohrtiefe darstellen. Es stehen hierfür verschiedene Kurvenformen zur Verfügung. Bei der Wahl der Kurvenform “Polynom” kann der Grad des Polynoms zur optimalen Anpassung verändert werden.

Die gemessenen Dehnungswerte und die dazugehörigen Interpolationskurven sind auf dem Bildschirm darstellbar.

Für die Berechnung der Verteilung der Stützpunkte über die Bohrtiefe gibt es vier Möglichkeiten: original, konstant, wachsend und opitmiert. Hierbei ergeben sich die optimierten Schrittweiten durch Anwendung der Kriterien zur Reduktion des kumulierten Fehlers.

Die so erhaltene Dehnungsverteilung kann als Grafik ausgedruckt werden, zusammen mit den Berechnungsparametern und den experimentell ermittelten Dehnungswerten.

5.1 Beschreibung des Menüs “Residual Stress Evaluation”

Das Hauptmenü erscheint auf dem Bildschirm wie in Bild 4.1 gezeigt. Folgende Buttons stehen zur Verfügung:

- **“Load Data”:** öffnet ein Fenster, aus der der Benutzer das zu analysierende Datenfile auswählt.
- **“Mod./Exp.Data”:** öffnet ein Fenster, die die Modifikation der zuvor geladenen Daten ermöglicht. Diese modifizierten Daten können mit “Save” auf dem File gespeichert werden. Mit “ok” werden sie lediglich im RAM gespeichert.

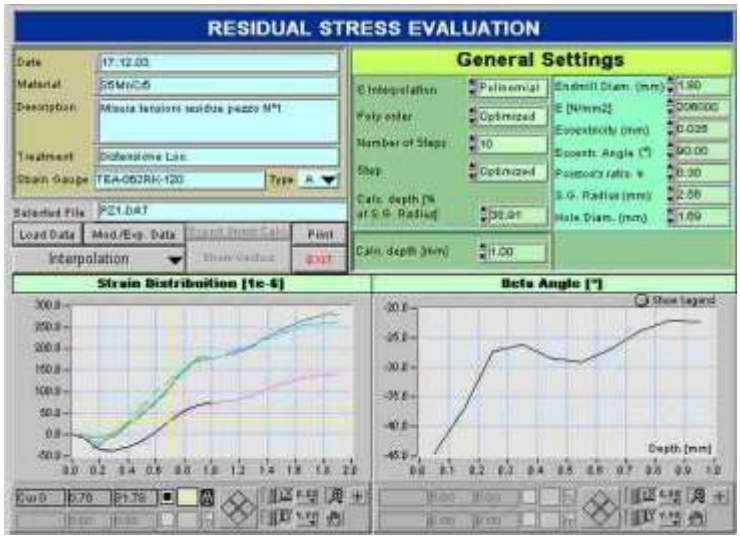


Bild 5.1 – Hauptmenü für Eigenspannungs-Berechnung

- **"Export Stress Calc.":** Dieser Button erlaubt dem Benutzer alle im Fenster angezeigten Spannungsinformationen zu exportieren. Das Format der exportierten Daten ist "spreadsheet". Das Exportieren der Spannungsdaten ist für alle Kalkulationen möglich.
- **"Show/Hide Vectors":** Zeigt/versteckt das Fenster (Bild 5.5) mit den beiden Vektoren σ_{max} (Richtung der maximalen Spannung) und σ_{min} (Richtung der minimalen Spannung) sowie ihren Winkel bezüglich der DMS-Messgitter (α oder β gemäß CCW oder CW Rosetteneingang).
- **"Print":** startet den Ausdruck der berechneten Ergebnisse (Beispiele siehe Bilder 5.8, 5.9 und 5.10).
- **"EXIT":** Hiermit wird das Programm verlassen.
- **Description:** Dieses Feld enthält eine kurze Beschreibung der ausgewählten Messung, wie sie der Benutzer während der Messung eingegeben hat (im "Residual Stress Measurement System" Programm). Es ist nicht möglich, im Programm "Eval_RSM.EXE" hier eine Eingabe zu machen.
- **Date:** Datum des vorgewählten Tests; er wird von der Datei zurückgeholt, die vom Operator vorgewählt wird.

Der Benutzer kann den Feldinhalt ändern und die erfolgte Änderung evt. In einer Datei speichern, indem er die an den Befehl 'Mod./Exp. Data' gebundene Prozedur einleitet.

- **Material:** Materialspezifikationen (wie vom Benutzer bei der Messung angegeben). Keine Eingabe möglich. Der Benutzer kann den Feldinhalt ändern und die erfolgte Änderung evt. In einer Datei speichern, indem er die an den Befehl 'Mod./Exp. Data' gebundene Prozedur einleitet.
- **Treatment:** Wärmebehandlung des Materials (wie vom Benutzer bei der Messung angegeben). Keine Eingabe möglich. Der Benutzer kann den Feldinhalt ändern

und die erfolgte Änderung evt. in einer Datei speichern, indem er die an den Befehl ‘ Mod./Exp. Data’ gebundene Prozedur einleitet.

Bild 5.2 – Dieses feld ersheint, wenn “Show Interpolation” gewählt wird

- **Strain Gage:** Bezeichnung des verwendeten DMS (wie vom Benutzer bei der Messung angegeben).
- **Type, A/B/C:** Bezeichnung der Rosettengestalt von der verwendeten Rosette, wie vom Benutzer bei der Messung angegeben. Die Bezeichnung A/B/C wird ASTM E837-01 entsprechend zugeordnet.
- **ε interpolation:** Für die Interpolation der Messwerte steht zur Auswahl:
  - ♦ Polynomial (polinom)
  - ♦ None (keine)
  - ♦ Spline

  Wird eine Interpolation gewünscht, so muß der Grad des Polynoms im entsprechenden Feld festgelegt werden. Die besten Ergebnisse erzielt man im allgemeinen mit Polynomen von nicht zu hohem Grad. Das Programm bietet auch eine Funktion an, die den optimalen Grad für das Interpolationspolynom bestimmt.
- **Poly order:** : In diesem Feld kann der Grad des Interpolationspolynoms eingegeben werden. Wurde “optimized” für den Grad ausgewählt, so sucht sich das Programm den Grad für das bestpassende Polynom gemäß einer implementierten Opitmierungsfunktion. Wurde für die Interpolation kein Polynom, sondern eine andere Funktion gewählt, so hat der in diesem Feld angezeigte Wert keine Bedeutung.
- **Number of Steps:** Hier wird die gewünschte Anzahl der Berechnungsschritte eingetragen.

- Step: In diesem Feld bestimmt der Benutzer, wie die Schrittweiten gestaltet werden sollen:

- **Original**: Entsprechend der Schritte während der Messung.
- **Constant**: Gleiche Schrittweiten über die gesamte Tiefe (entsprechend der gesamten Bohrlochtiefe geteilt durch die Anzahl der Schritte).
- **Increasing**: Die Berechnungsschritte haben eine sinusförmige Verteilung über die Dicke des Werkstückes; das heißt, in Oberflächennähe sind die Schrittabstände geringer als weiter im Inneren des Materials.
- **Optimized**: Nur mit der Integral-Methode möglich. Die Schrittweiten werden individuell berechnet, so daß der Einfluss der Messfehler minimiert wird. Jeder Schritt wird so bestimmt, daß die diagonalen Elemente der Lösungsmatrix alle gleich sind (Bedingung für minimalen kumulierten Fehler).

- Calc. depth [% of S.G. Radius]: Tiefe, bis zu der die Eigenspannungsverteilung berechnet wird, ausgedrückt in Prozent des mittleren Radius der DMS-Rosette. Bei Anwendung des Integral-Verfahrens sollte dieser Wert, im Interesse einer genauen Rechnung, nicht mehr als 30-35% betragen.

- Calc. depth: Tiefe der Berechnung der Restdruckverteilung (entsprechend der Tiefe ausgedrückt als Prozentsatzwert des Mittelradius).

- Endmill diam. [mm]: zeigt den Durchmesser des Fräsers.

- E [N/mm^2]: Elastizitätsmodul für das Material des Werkstückes in [N/mm²] (wird aus dem gewählten Datenfile gelesen). Dieser Wert kann für die Nachbearbeitung modifiziert werden).

- Eccentricity [mm]: Betrag der Exzentrizität.

- Beta [°]: Angular Richtung der Exzentrizität.

- n: Wert der Querzahl, wie vom Benutzer bei der Messung angegeben. Dieser Wert kann für die Nachbearbeitung modifiziert werden.

- S.G. Radius [mm]: Mittlerer Radius der verwendeten DMS-Rosette.

- Hole Diam. [mm]: Wert des Bohrlochdurchmessers (wird aus dem gewählten Datenfile gelesen).

- Show / Hide Legend: Mit dieser Funktion können Sie sich die Legende für die Grafiken auf dem Bildschirm anzeigen lassen.

- Hole: Blind/Through: Diese Funktion ist sichtbar, nur wenn die Methode ASTM E837-01 vorgewählt wird. Sie erlaubt Bohrungsartvorwähler. Der Benutzer kann zwischen Vorhang und durch Bohrung wählen. Durch Bohrung sollte verwendet werden, wenn die Probestückstärke kleiner dann 0,4 D ist (ASTM E 837-01 [1]).

- Calc : Quick/Precise: Diese Funktion ist nur wenn die Methode ASTM E837-01 vorgewählt wird, es erlaubt Berechnungs-Artvorwähler ASTM E837-01 sichtbar. Der Benutzer kann zwischen schnelle und exakte Berechnung wählen. Wenn ' schnelle ' Berechnung vorgewähltes ' a ' und ' b ' ist, sind Koeffizienten die

errechnete gemessene Auswertenbelastungsverteilung, wenn die Bohrungstiefe 0,4mal der Mitteldurchmesser des Dehnungsmeßgerätes entspricht. Wenn ' exakte ' Berechnung vorgewählt wird, Faktoren ASTM ' a ' und ' b ' sind Koeffizienten von 0 bis 0,4 Dhole/depth.

5.2 Berechnung der Eigenspannungen nach dem ASTM 837-01 Verfahren

Wird das ASTM-Verfahren gewählt, so werden die mit “SINT_RSM” experimentell gewonnenen Dehungswerte gemäß ASTM-Standard verarbeitet [1].

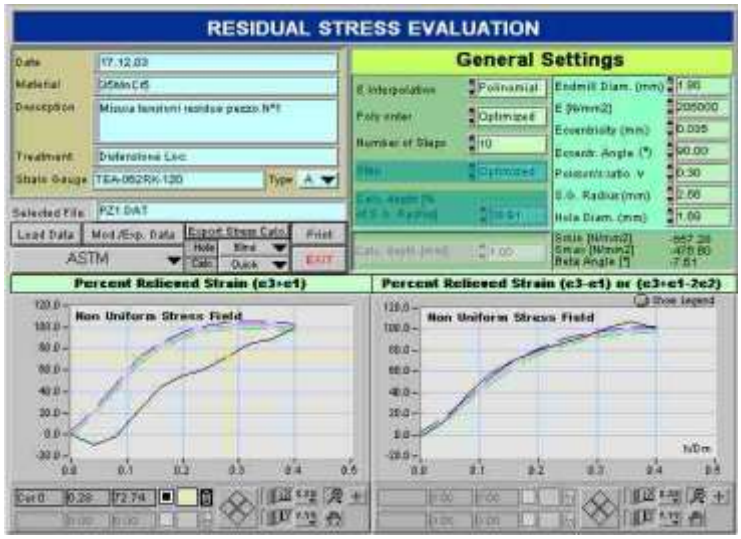


Bild 5.3 – Bewertungsfeld für Eigenspannungs, wenn ASTM - Methode gewählt wird

Das Programm (Bild 5.3) berechnet die Summen und Differenzen der gemessenen Dehnungen $\varepsilon_1 + \varepsilon_3$ bzw. $\varepsilon_3 - \varepsilon_1$ bezogen auf die Werte bei einer Lochtiefe von 0,4 mal dem mittleren DMS-Durchmesser; die beiden Kurven werden jeweils als Funktion der bezogenen Lochtiefe h/d (h=Lochtiefe, d= Lochdurchmesser) dargestellt. Die Datenpunkte dieser Graphen sollten weniger als +/- 3% von den Nominalwerten abweichen, andernfalls handelt es sich um eine nicht gleichförmige Spannungsverteilung (es erscheint dann eine entsprechende Meldung in der Grafik), für die dieses Verfahren nicht anwendbar ist.

HINWEIS: Falls die Hauptspannungsrichung näher an der Achsrichtung eines benachbarten DMS liegt, so ist der Betrag der Dehnungssumme ε_3-ε_1-2ε_2 größer als ε_3-ε_1. In diesem Fall sollte ε_3+ε_1-2ε_2 anstelle von ε_3-ε_1 benutzt werden (das Programm nimmt automatisch die richtige Kurve für das Diagramm auf der rechten Seite).

5.3 Berechnung der Eigenspannungen nach dem Integralverfahren

Wird das Integralverfahren gewählt, so werden die mit “SINT_RSM” experimentell gewonnenen Dehnungswerte gemäß der Integralemethode verarbeitet (Fig. 5.4). Dieses Verfahren ist weitverbreitet und in der technischen Literatur häufig beschrieben. Es ermöglicht die Berechnung der Eigenspannungsverteilung auch wenn die Spannungswerte tiefenabhängig sind. Die Anzahl der Berechnungsschritte sowie deren Verteilung über die Tiefe sind vom Benutzer vorzugeben.

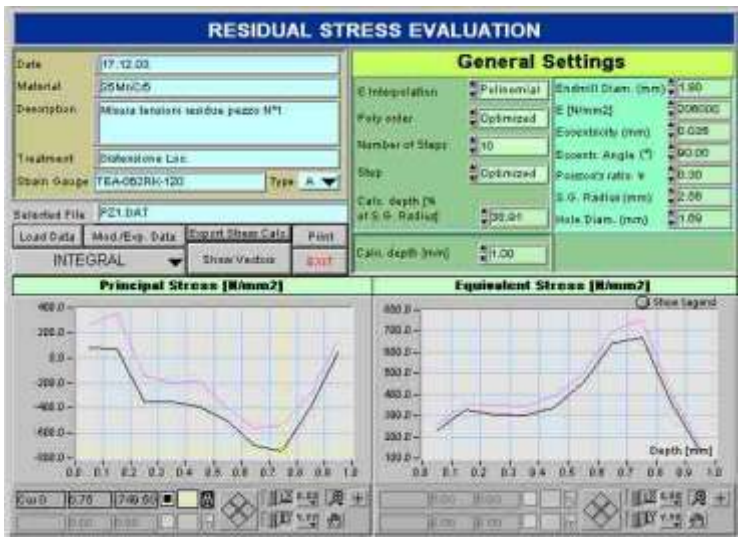


Bild 5.4 – Bewertungsfeld für Eigenspannungs, wenn Integral - Methode gewählt wird

Wie schon erwähnt, bestehen folgende Möglichkeiten zur Wahl der Schrittweiten:

- **Constant**: Entsprechend der Schritte während der Messung.
- **Increasing**: Gleiche Schrittweiten über die gesamte Tiefe (entsprechend der geamten Bohrlochtiefe geteilt durch die Anzahl der Schritte).
- **Optimized**: Die Schrittabstände werden nach der ersten viertel Periode einer Sinus-Funktion ermittelt.
- **Original**: Die Schrittweiten werden individuell berechnet, so daß der Einfluß der Messfehler minimiert wird.

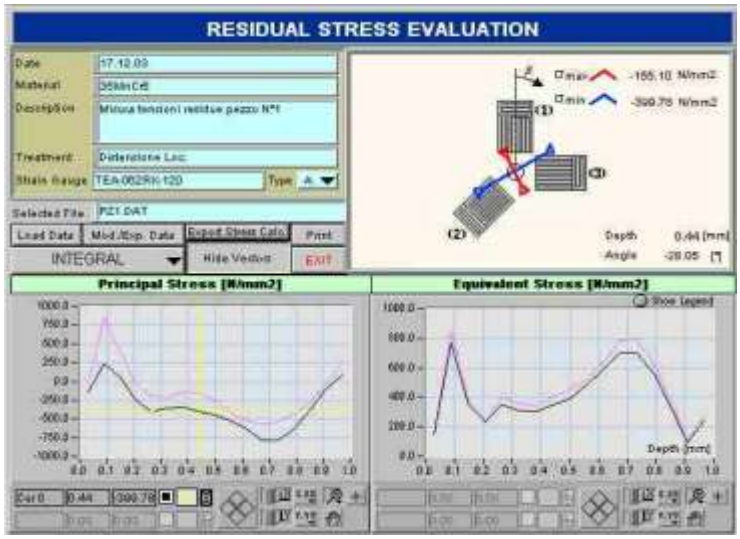


Bild 5.5 – Bewertungsfeld für Eigenspannungs, wenn “Show Vector” gewählt wird

Das Programm nimmt, wenn der Benutzer nicht anderes vorgegeben hat, die optimierten Schrittweiten. Die Berechnung der Eigenspannungswerte erfolgt mit den numerischen Koeffizienten nach Schajer [2, 3]. Der Einsatz dieses Verfahren ist limitiert auf eine Tiefe von maximal 50% des mittleren DMS-Radius der verwendeten Rosette.

5.4 Berechnung der Eigenspannungen mit der POWER SERIES Methode

Wird das ASTM-Verfahren gewählt, so werden die mit “SINT_RSM” experimentell gewonnenen Dehnungswerte gemäß POWER SERIES Methode verarbeitet (Bild 5.6). Dieses Verfahren basiert auf einigen vereinfachenden Hypothesen und kann als Näherung der Integralmethode angesehen werden.

Im Unterschied zur Integralmethode können hiermit Aussagen bis zu einer Tiefe von 120% des Bohrlochdurchmessers (wie im ASTM-Standard festgelegt) gemacht werden. Zur Berechnung der Eigenspannungswerte werden die numerischen Koeffizienten nach Schajer [4] verwendet.

Die Festlegung der Schrittweiten erfolgt wie in Kapitel 5.1,mit Ausnahme des “Optimized Type”.

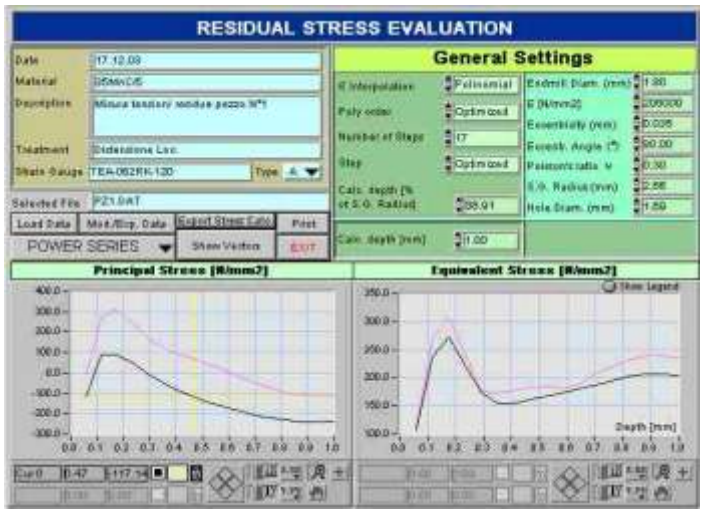


Bild 5.6 – Bewertungsfeld für Eigenspannungs, wenn “Power Series” - Methode gewählt wird

5.5 Berechnung der Eigenspannungen nach KOCKELMANN

Wird das KOCKELMANN-Verfahren gewählt, so werden die mit “SINT_RSM” experimentell gewonnenen Dehnungswerte gemäß dieses Verfahrens verarbeitet (Bild 5.7). Auch dieses Verfahren kann als Näherung der Integral-Methode bezeichnet warden.

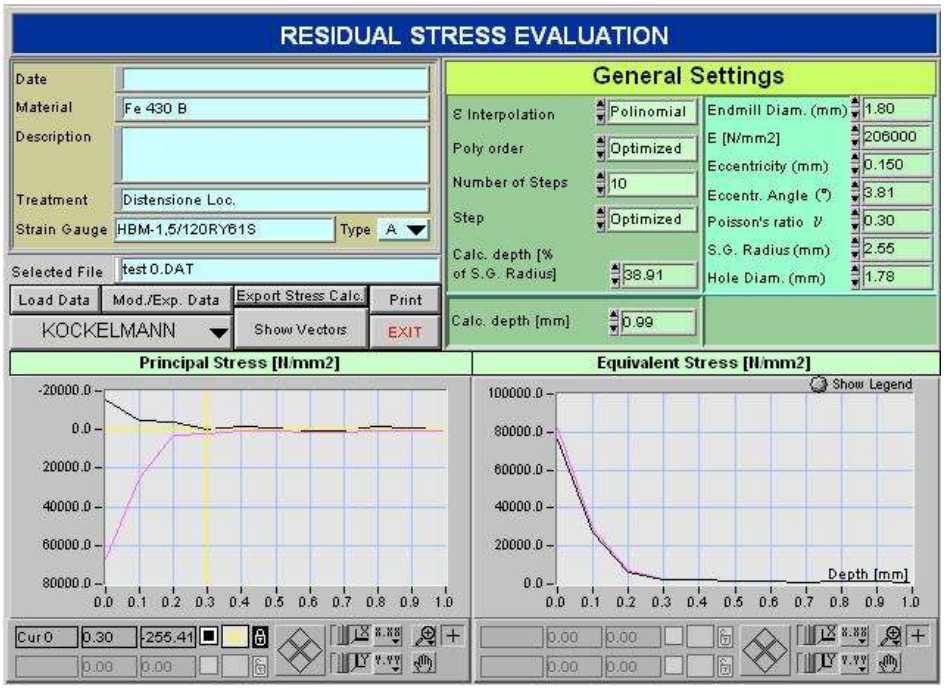


Bild 5.7 – Bewertungsfeld für Eigenspannungs, wenn Kockelmann - Methode gewählt wird

Im Unterschied zur Integral-Methode können hiermit Aussagen gemacht werden bis zu der Tiefe, die dem Bohrlochdurchmesser entspricht. Zur Berechnung der Eigenspannungswerte werden die numerischen Koeffizienten nach Kockelmann [5] verwendet.

Die Festlegung der Schrittweiten erfolgt wie in Kapitel 5.1 beschrieben, mit Ausnahme des “Optimized Type”.

6. LITERATURHINWEISE

[1] ASTM E 837-01 “Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method”.

[2] G.S. Schajer “Measurement of Non-Uniform Residual Stresses Using the Hole-Drilling Method. Part I – Stress Calculation Procedures “Journal of Engineering Materials and Technology, Vol. n. 110, 1988, pages 338-343.

[3] G.S. Schajer “Measurement of Non-Uniform Residual Stresses Using the Hole-Drilling Method. Part II – Practical Application of the Integral Method”Journal of Engineering Materials and Technology, Vol. n. 110, 1988, pages 344-349.

[4] G.S. Schajer “Application of Finite Element Calculations to Residual Stress Measurements” Journal of Engineering Materials and Technology, Vol. no. 103, 1981, pages 157-163.

[5] T. Schwarz, H. Kockelmann “The Hole-Drilling Method-The Best Technique for the Experimental Determination of Residual Stresses in Many Fields for Application".

Anhang

Residual Stress Analysis

Date: 05-02-04
Description: Misura tensioni residue pezzo 1926-01 estensimetro x1
Material: 26NiCrMo11.5
Treatment: Distensione Loc.
Strain Gauge: TEA-062RK-120 Type: A

Interpolated values of measured strains and stress calculation results
(Calculation Method: POWER SERIES)

Developed by: Sint Technology S.r.l. via Giusti, 229 I-50041 - Calenzano (FI) Tel.: +39/055/8826302-3 Fax: +39/055/8826303

Distributed by: HBM Wagetechnik GmbH Im Tiefen See 45 D-64293 - Darmstadt Tel.: +49/6151/803-225 Fax: +49/6151/803-378

Depth [mm]	ε_1 [1e-6]	ε_2 [1e-6]	ε_3 [1e-6]	Beta Angle [°]	σ_{min} [N/mm2]	σ_{max} [N/mm2]
0.10	3.49	-0.50	6.28	37.73	-95.17	-13.21
0.20	12.64	6.40	18.10	36.53	-119.91	-50.75
0.30	19.59	13.47	30.64	32.31	-121.82	-59.15
0.40	26.39	21.06	43.79	29.10	-120.85	-61.65
0.50	33.95	29.31	56.98	27.26	-120.70	-64.30
0.60	41.24	37.24	69.02	26.09	-121.45	-68.41
0.70	47.01	43.86	78.94	25.06	-119.16	-69.59
0.80	50.87	48.82	86.58	24.05	-115.62	-68.92
0.90	53.34	52.42	92.40	23.16	-113.22	-68.43
1.00	55.12	55.14	96.97	22.48	-109.88	-67.02
1.10	56.56	57.28	100.62	22.04	-108.80	-67.09
1.20	57.64	58.79	103.35	21.76	-107.89	-67.20
1.30	58.05	59.56	105.08	21.55	-106.38	-66.72
1.40	57.82	59.66	105.91	21.36	-105.50	-66.44
1.50	57.33	59.45	106.22	21.20	-104.16	-65.83
1.60	57.07	59.38	106.48	21.09	-103.56	-65.79
1.70	57.10	59.53	106.83	21.03	-103.56	-66.23
1.80	56.92	59.39	106.86	21.01	-103.30	-66.42
1.90	56.19	58.46	106.09	21.14	-102.85	-66.18
2.00	56.05	58.01	105.29	21.32	-102.51	-66.42

Residual Stress Analysis

Date: 05-02-04
Description: Misura tensioni residue pezzo 1926-01 estensimetro x1
Material: 26NiCrMo11.5
Treatment: Distensione Loc.
Strain Gauge: Type: A

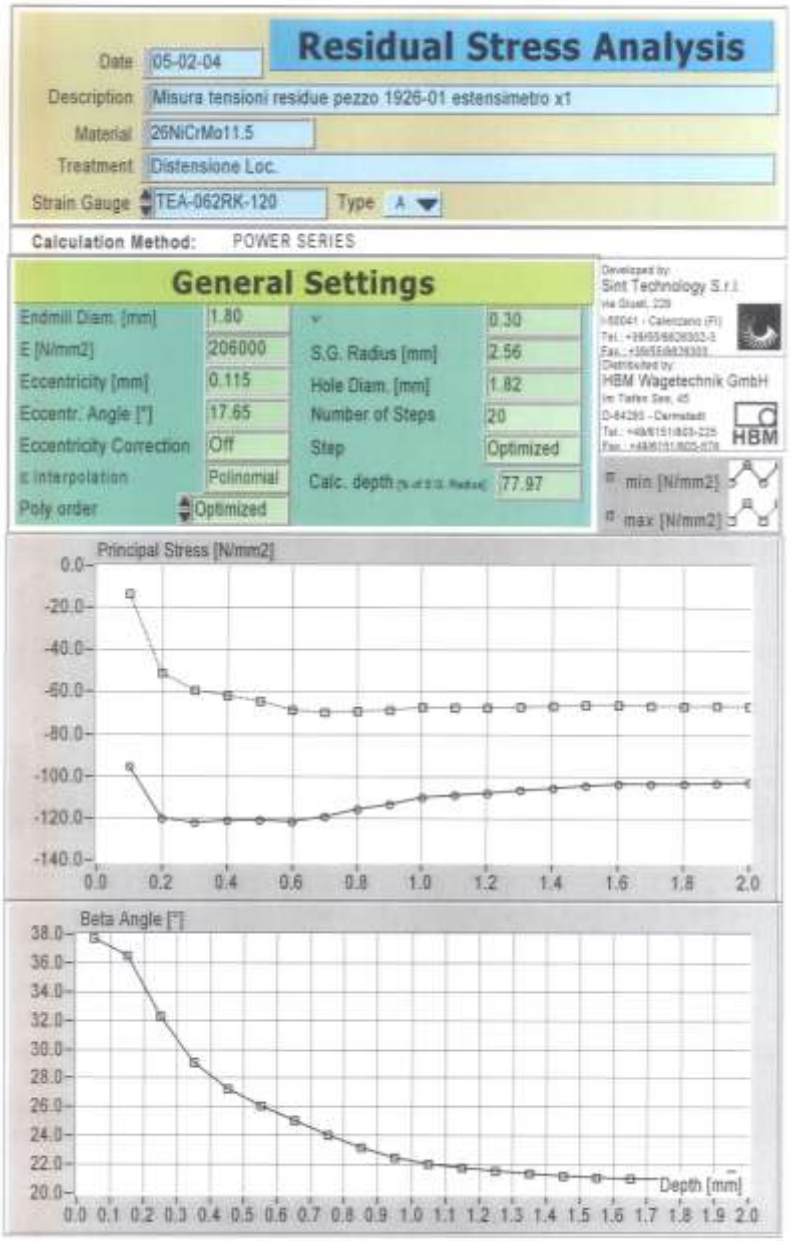
Values of measured strains

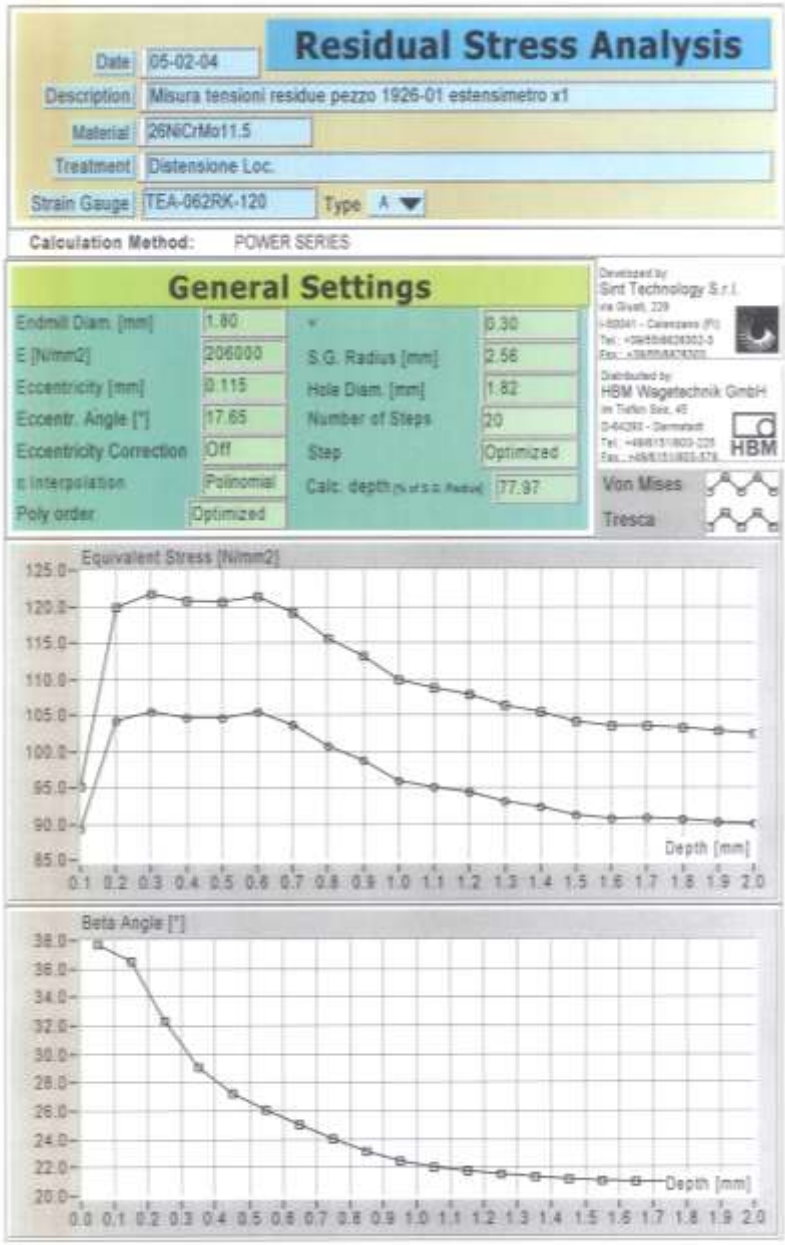
Developed by: Sint Technology S.r.l. via Giusti, 229 I-50041 - Calenzano (FI) Tel.: +39/055/8826302-3 Fax: +39/055/8826303

Distributed by: HBM Wagetechnik GmbH Im Tiefen See 45 D-64293 - Darmstadt Tel.: +49/6151/803-225 Fax: +49/6151/803-378

Depth [mm]	ε_1 [1e-6]	ε_2 [1e-6]	ε_3 [1e-6]
1.55	56.60	58.99	105.95
1.60	56.91	59.27	106.09
1.65	56.78	59.09	106.35
1.70	58.21	60.31	107.50
1.75	57.15	59.64	106.72
1.80	56.42	59.09	106.86
1.85	57.19	59.41	107.41
1.90	54.69	57.46	104.50
1.95	57.17	58.76	106.56
2.00	55.72	57.80	105.07

Depth [mm]	ε_1 [1e-6]	ε_2 [1e-6]	ε_3 [1e-6]
0.05	0.14	-1.73	2.18
0.10	3.16	-0.96	5.99
0.15	7.68	2.28	11.21
0.20	13.04	6.97	18.73
0.25	16.12	9.91	24.44
0.30	20.38	13.74	31.35
0.35	22.07	16.84	36.10
0.40	27.09	21.26	44.15
0.45	29.62	24.76	49.65
0.50	34.45	29.80	57.97
0.55	37.58	33.22	63.27
0.60	41.23	37.44	69.26
0.65	42.74	39.60	73.07
0.70	46.53	43.80	78.72
0.75	52.67	48.57	85.36
0.80	50.04	48.20	85.26
0.85	51.93	50.47	89.70
0.90	52.97	52.18	91.88
0.95	53.97	53.71	94.63
1.00	55.03	55.36	97.81
1.05	55.97	56.25	98.98
1.10	56.17	57.09	100.34
1.15	57.56	58.19	102.03
1.20	58.17	59.15	103.28
1.25	57.44	59.05	104.48
1.30	58.13	59.58	105.17
1.35	58.42	59.74	105.34
1.40	57.86	59.52	105.60
1.45	57.66	59.92	106.70
1.50	57.31	59.48	106.62


Residual Stress Analysis
Date 05-02-04
Description Misura tensioni residue pezzo 1926-01 estensimetro x1
Material 26NiCrMo11.5
Treatment Distensione Loc.
Strain Gauge TEA-062RK-120
Type A
Calculation Method: POWER SERIES
General Settings
Endmill Diam. [mm] 1.80
E [N/mm2] 206000
Eccentricity [mm] 0.115
Eccentr. Angle [°] 17.65
Eccentricity Correction Off
ε Interpolation Polinomial
Poly order Optimized
ν 0.30
S.G. Radius [mm] 2.56
Hole Diam. [mm] 1.82
Number of Steps 20
Step Optimized
Calc. depth 77.97
min [N/mm2]
max [N/mm2]
Principal Stress [N/mm2]
0.0
-20.0
-40.0
-60.0
-80.0
-100.0
-120.0
-140.0
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0
Beta Angle [°]
38.0
36.0
34.0
32.0
30.0
28.0
26.0
24.0
22.0
20.0
Depth [mm]
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0


Residual Stress Analysis
Date 05-02-04
Description Misura tensioni residue pezzo 1926-01 estensimetro x1
Material 26NiCrMo11.5
Treatment Distensione Loc.
Strain Gauge TEA-062RK-120 Type A
Calculation Method: POWER SERIES
General Settings
Endmill Diam. [mm] 1.80
E [N/mm2] 206000
Eccentricity [mm] 0.115
Eccentr. Angle [°] 17.65
Eccentricity Correction Off
σ Interpolation Polinomial
Poly order Optimized
ν 0.30
S.G. Radius [mm] 2.56
Hole Diam. [mm] 1.82
Number of Steps 20
Step Optimized
Calc. depth 77.97
Von Mises
Tresca
Equivalent Stress [N/mm2]
Depth [mm]
Beta Angle [°]
Depth [mm]

.